

Universidad de Huelva

Departamento de Física Aplicada



Evaluación y caracterización de la contaminación acústica en un núcleo urbano de tipo turístico costero (El Portil, Huelva)

**Memoria para optar al grado de doctor
presentada por:**

Rafael Sánchez Sánchez

Fecha de lectura: 9 de julio de 2015

Bajo la dirección de los doctores:

Juan Pedro Bolívar Raya

Juan Carlos Fortes Garrido

Huelva, 2015



Universidad de Huelva

Departamento de Física Aplicada



EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN UN NÚCLEO URBANO DE TIPO TURÍSTICO COSTERO (EL PORTIL, HUELVA)

**Memoria para optar al grado de doctor.
Presentada por el Ingeniero Industrial:**

Rafael Sánchez Sánchez

Directores:

Dr. Juan Pedro Bolívar Raya y Dr. Juan Carlos Fortes Garrido

Huelva, abril 2015

A Pilar

AGRADECIMIENTOS

Después de más de cuatro años de dedicados a este trabajo de investigación para la Tesis Doctoral, y haber llegado a este momento de la redacción de la misma, es fácil entender la dificultad que entraña para mí, echar la vista atrás y plasmar en unas líneas, todo el apoyo recibido de tantas personas que de una u otra manera han contribuido a que este objetivo llegara a buen puerto.

Primeramente quisiera agradecer la labor realizada por mis directores: Juan Pedro Bolívar Raya y Juan Carlos Fortes Garrido. A Juan Carlos por su compañerismo, dedicación, sugerencias, consejos, apoyo y ánimos para continuar hacia adelante cada vez que me veía decaído. Y a Juan Pedro; me faltarían líneas para agradecerle su confianza, generosidad, paciencia, orientación, enseñanzas, y como consecuencia de todo ello su amistad. Confianza, porque sin habernos conocido con anterioridad, me brindó la oportunidad de dirigirme esta tesis sin ningún tipo de condicionante. Generosidad porque en estos cuatro años han sido innumerables los momentos que me ha dedicado, para dudas, consultas y correcciones, etc. interrumpiendo sus muchos quehaceres profesionales, y hasta familiares, pues entiendo que han sido muchos los días de vacaciones y fines de semana que ha dedicado a supervisar y comentar los distintos borradores que le iba remitiendo. Paciencia, porque uno ya tiene unos años con unos hábitos muy arraigados, y por tanto no se me es fácil de persuadir cuando alguna apreciación no termino de verla, pero él no ha cedido a mis resistencias, y ha insistido razonadamente tantas cuantas veces ha sido necesario, hasta terminar de convencerme. Orientación, porque en diversas etapas de esta tesis, me ha ayudado a reorientarme cuando me encontraba perdido con los diversos obstáculos que se presentaban por el camino. Enseñanzas, porque su conocimiento y valía como profesor e investigador está fuera de toda duda, y parte de ese saber, al menos de acústica, me lo ha tratado de transmitir. Por todo ello le doy las gracias al maestro y amigo Juan Pedro.

Quisiera agradecer al Grupo Fryma y al resto de los miembros del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Huelva, por el trato que me han dispensado durante estos años que con tanta frecuencia les he visitado, entre ellos a Federico Vaca Galán, a mi amigo Francisco Pizarro Navarro, Fernando Mosqueda Peña, Antonio Gómez Rosado, y muy en especialmente a Antonio Padilla Ollero, por su ayuda y disponibilidad mostrada, tanto para los asuntos de software, como para los equipos de medida y su calibración.

Quisiera también agradecer desde aquí, el aliento y motivación que he recibido de todos y cada uno de mis compañeros del Departamento de Ingeniería Minera Mecánica y Energética de la Universidad de Huelva.

A todos mis amigos y amigas con quien he compartido y espero seguir compartiendo muy buenos momentos.

Quiero agradecer especialmente a mis padres, que siempre me inculcaron el valor del esfuerzo; la importancia del trabajo bien hecho; y sobre todo la necesidad de no terminar el día sin haber aprendido algo nuevo. Así mismo, quiero reconocer el enorme sacrificio que realizaron para darme la educación que hoy me ha permitido llegar hasta aquí. A mis hermanos y sobrinos por su incondicional apoyo y cariño, así como por mostrarme

los aspectos verdaderamente importantes de la vida. A mis suegros, cuñadas, cuñados, y resto de sobrinos, por otorgarme su confianza, aliento y amistad.

He dejado en último lugar a mi familia: A mis hijos, a los que les agradezco su paciencia y comprensión, por el tiempo que a veces les he tenido que distraer con este menester. También por sus sugerencias y ánimo; pero sobre todo por ser como son, lo cual ha hecho que hayan sido importantes cómplices de este reto. Y por encima de todo tengo que darle gracias inmensas a mi mujer, a la que dedico esta tesis; por el tiempo que le he robado, por su amor, tolerancia, y comprensión; reconozco que se ha sacrificado muchas veces para que yo pudiera cumplir con este objetivo. Por tu generosidad y sacrificio me inspiras a ser cada día mejor para ti, por ello puedo decir que esta tesis lleva mucho tuyo; muchas gracias por estar siempre junto a mí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II: PROBLEMÁTICA, ESTADO DEL ARTE Y OBJETIVOS.....	5
2.1. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LAS CIUDADES TURÍSTICAS COSTERAS	5
2.2. EL TURISMO SOSTENIBLE	6
2.3. EL RUIDO EN LAS CIUDADES TURÍSTICAS COSTERAS	9
2.4. EL DETERIORO MEDIOAMBIENTAL ACÚSTICO EN LAS CIUDADES TURÍSTICAS COSTERAS	10
2.5. OBJETIVOS.....	13
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. ÁREA EN ESTUDIO	15
3.2. METODOLOGÍA GENERAL	20
3.3. INSTRUMENTACIÓN Y TÉCNICAS DE MEDIDA	22
3.3.1. INSTRUMENTOS PARA LAS MEDIDAS.....	23
3.3.2. TÉCNICAS DE MEDIDA	23
MONITORIZACIONES SEMANALES	23
MONITORIZACIONES 24 HORAS.....	31
MUESTREOS ESPACIALES EN LA RNLP.....	32
3.4. HERRAMIENTA DE LA MODELIZACIÓN DEL RUIDO	35
3.4.1. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN PREVIA AL MODELADO.....	36
3.4.2. INTRODUCCIÓN DE DATOS	42
3.4.3. OBTENCIÓN DE LOS MAPAS DE RUIDO	43
3.5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	44
CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL PORTIL.....	45
4.1. MONITORIZACIONES EN INVIERNO	46
4.1.1. SEMANAL EN PUNTO E-1	46
4.1.2. SEMANAL EN PUNTO E-3	58
4.1.3. MONITORIZACIONES DE 24 HORAS EN E-3 CON REGISTROS DE 1"	68
4.2. MONITORIZACIONES EN VERANO	74
4.2.1. SEMANAL EN EL PUNTO E-1.....	75
4.2.2. SEMANAL EN EL PUNTO E-3.....	85
4.2.3. MONITORIZACIONES DE 24 HORAS EN E-3, CON REGISTROS DE 1"	100
4.3. RESULTADOS DE COMPARACIÓN: INVIERNO-VERANO	106
4.3.1. PUNTO E-1.....	106
4.3.2. PUNTO E-3.....	114
4.3.3. PUNTO E-3, 24 HORAS, Y REGISTROS DE 1"	122
4.4. RESULTADOS DE COMPARACIÓN: DÍA LABORAL-DÍA NO LABORAL.....	129

4.4.1. PUNTO E-1.....	129
4.4.2. PUNTO E-3.....	132
4.5. RESULTADOS DE COMPARACIÓN: PUNTO E-1 – PUNTO E-3	135
4.5.1. TEMPORADA INVERNAL	135
4.5.2. TEMPORADA ESTIVAL.....	141
CAPÍTULO V: CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL PRESENTE EN LA RESERVA NATURAL DE LA LAGUNA DEL PORTIL.....	147
5.1. MUESTREOS EN INVIERNO	148
5.1.1. VARIACIÓN DE NIVELES CON LA DISTANCIA A LA CARRETERA A-5052	150
5.2. MUESTREOS EN VERANO.....	154
5.2.1. VARIACIÓN DE NIVELES CON LA DISTANCIA A LA CARRETERA A-5052	157
5.3. COMPARACIÓN DE LOS MUESTREOS ENTRE EL INVIERNO Y EL VERANO	161
5.3.1. COMPARACIÓN DIRECTA.....	161
5.3.2. COMPARACIÓN DE LOS MAPAS DE ISOLÍNEAS.....	162
5.3.3. COMPARACIÓN A TRAVÉS DE LAS CURVAS DE REGRESIÓN	163
CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA MODELIZACIÓN; COMPARATIVA CON MEDIDAS EXPERIMENTALES.....	165
6.1. MAPAS DE RUIDO	165
6.2. ANÁLISIS DE LOS MAPAS DE RUIDO GENERALES	173
6.3. COMPARACIÓN DE LOS MAPAS DE RUIDO	174
6.4. RESULTADOS DE LOS MAPAS DE RUIDO EN LA RNLP	176
6.5. COMPARACIÓN MAPAS-MUESTREOS EN LA RNLP	178
6.6. COMPARACIÓN MAPAS-MONITORIZACIONES	181
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	187
7.1. CONCLUSIONES	188
7.2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	195
BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.....	197
ANEXO I: CARÁCTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE MEDIDA.....	205
ANEXO II: CERTIFICADOS DE VERIFICACIÓN PERIODICA.....	209
ANEXO III: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN	213

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

Generalmente, el ruido se define como un sonido no deseado (WHO, 1999), que afecta de manera negativa al bienestar y a la salud de las personas. Así, cuando el ruido se produce dentro de una ciudad, este ruido degrada en la mayoría de los casos el medio ambiente urbano y con ello la calidad de vida de los habitantes de las mismas.

Normalmente las personas somos simultáneamente causa y víctimas del ruido, y aunque en ambos casos es igual de perjudicial, los ruidos ajenos tienen más impacto psicológico por afectarnos sin nuestro consentimiento, violando en la mayoría de los casos la intimidad de las personas, al penetrar dentro de sus hogares. Uno de los ejemplos más típicos, es el ruido debido al tráfico rodado; en donde el ruido de nuestro propio vehículo psicológicamente no nos molesta, mientras que cuando estamos en casa el ruido del tráfico en la calle, nos parece ensordecedor, muy molesto, e incluso insoportable en la mayoría de las ocasiones, todo dependerá de cual sea la actividad que estemos desarrollando en cada momento.

En sus Directrices para Europa (WHO, 2009), la Organización Mundial de la Salud (WHO con sus siglas en inglés) define el ruido ambiental como: "ruido emitido por todas las fuentes salvo por el ruido en el trabajo industrial". Mientras que la Unión Europea (UE), en su (DIRECTIVA 2002/49/CE, 2002) sobre la gestión del ruido ambiental, define éste como "el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido de la carretera, por ferrocarril, aeropuertos, y emplazamientos industriales".

Además las encuestas que periódicamente vienen realizando los diversos organismos y asociaciones nacionales e internacionales (Special Eurobarometer 295, 2008), (CIS, 2007), (IESA-CSIC, 2009), indican año tras año, que la contaminación acústica cada vez preocupa más a la población.

Desde la antigüedad, el ruido del tráfico rodado está reconocido como el principal componente del ruido ambiental, y por tanto la principal fuente de la contaminación acústica de las ciudades. Así ya en la antigua Roma, fue necesario establecer normas para controlar el ruido emitido por las ruedas de hierro de los carros que golpeaban las piedras del pavimento, y que molestaban y perturbaban el sueño de a los romanos. Por ello en el año 60 d.C. el poeta satírico Décimo Julio Juvenal (Juvenal, 1817) decía: “Sólo si se tiene mucho dinero puede uno dormir en Roma. La fuente del problema reside en los carros que atraviesan los embudos de las calles curvadas, y las bandadas de ellos que se paran y meten tanto ruido que impedirían... dormir hasta a una manta raya”. También en algunas ciudades de la Europa medieval no se permitía usar carruajes ni cabalgar durante la noche para asegurar el reposo de la población (WHO, 1999).

Actualmente, y según diversos estudios y encuestas a la población de las ciudades de más de 50.000 habitantes, y recogido en los informes de los organismos internacionales como la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), EEA (Agencia Europea del Medio Ambiente), WHO (Organización Mundial de la Salud), en los últimos años se viene repitiendo que las principales fuentes de ruido en ambientes urbanos son las anteriormente indicadas, pero destacando ampliamente sobre todas ellas el tráfico rodado (COITT, 2008). El impacto que éste genera sobre la salud de las personas (den Boer, et al., 2007), es ampliamente conocido por la gran multitud de estudios que se han realizado en diversos campos de la medicina, tales como otorrinolaringología (Tet , et al., 2002), (Deshaies, et al., 2005), psiquiatría (Stansfeld, et al., 2003), neurología (Shadlen, et al., 1994), cardiología (Babisch, 2000), (Basner, et al., 2008), (de Kluzenaar, et al., 2013), neumología, obstetricia (Pediatrics 1997), endocrinología (van Kempen, et al., 2002), (Selander, et al., 2009), inmunología, pediatría (Basner, et al., 2008), pero incluso en otras ramas de la ciencia como la psicología, la pedagogía (Stansfeld, et al., 2003), las ciencias del trabajo (Pal, et al., 2012), las ciencias sociales, a fin de conocer todos efectos que el ruido y su exposición al mismo producen sobre el ser humano y las actividades por él desarrolladas. Incluso en la Conferencia Ministerial de la OMS celebrada en Parma en marzo de 2010 (WHO, 2010) se reconoció que el ruido del tráfico rodado ocupa el segundo lugar entre los factores de estrés medioambientales seleccionados y evaluados, en términos de su impacto sobre la salud pública.

Como se ha indicado, existen multitud de informes y trabajos de investigación que tratan de analizar la situación acústica de grandes ciudades, e incluso de pequeñas pero con grandes infraestructuras de comunicación próximas a ellas (Bengang, et al., 2002), (Barrigón, et al., 2002), (Cirianni, et al., 2012). Así mismo, también existen infinidad de estudios de investigación que han tratado de identificar los impactos del

Capítulo I.-Introducción

turismo sobre la flora, la fauna, el agua, el consumo de energía, etc. (Niko Koncul, 2007), (AL-Sheikh, et al., 2012), (Davies, et al., 2000), sin embargo, hay pocos estudios que caractericen la situación acústica en ciudades turísticas costeras, analizando su evolución entre la temporada estival y el resto del año, fuera de menciones generalistas englobadas en los daños debidos en general, a las emisiones al medio ambiente.

Teniendo en cuenta la problemática anterior, el objetivo central de esta Tesis consiste en desarrollar una evaluación y caracterización del ruido existente en una ciudad turística costera del sur de España, en concreto el núcleo urbano de El Portil (Huelva) y su entorno, con objeto de que sirva como herramienta para mejorar el clima acústico de este tipo de ciudades. El período de estudio se ha extendido a lo largo de cuatro años, desde septiembre de 2010 hasta octubre de 2014. Para lograr este objetivo central, se han cubierto una serie de objetivos específicos, entre los que destacan: Medir y caracterizar empíricamente el ruido existente en el núcleo urbano. Evaluar la calidad acústica del entorno de la ciudad, estando constituido una parte muy importante del mismo por la Reserva Natural de la Laguna del Portil (RNLP). Realizar un mapa acústico mediante modelización de toda la zona urbana, y su verificación mediante medidas en localizaciones relevantes.

Para la consecución del objetivo expuesto con anterioridad, se ha dividido la memoria de la Tesis en siete capítulos, los cuales se resumen a continuación:

El segundo capítulo de la Tesis describe el estado del arte en relación a la problemática del ruido en ciudades, y especialmente costeras. Éste ha quedado dividido en tres partes. En la primera de ellas, se presenta una visión global de la problemática medioambiental que se produce en las ciudades turístico-costeras, y las medidas que se están poniendo en marcha para paliar las mismas. En la segunda parte se concreta más la problemática del ruido medioambiental de las ciudades en general, siendo sobre todo el tráfico rodado el primer responsable de este deterioro, y como hay una gran variedad de estudios de investigación que han analizados este problema en profundidad, pero así mismo muy pocos que hayan analizado en concreto este problema en este tipo de ciudades turístico-costeras. En la tercera parte del capítulo, por último, se indican el objetivo central y los objetivos específicos de esta tesis.

El capítulo III se inicia con una descripción general del área de estudio, así como con la enumeración de los distintos espacios que se encuentran en la misma. Seguidamente, se presentan y detallan los distintos tipos de instrumentos y técnicas de medida utilizadas, las metodologías seguidas, los criterios de calidad utilizados, así como los procesos de calibración requeridos por los equipos empleados. El capítulo concluye con la descripción de la herramienta de modelización del ruido empleada, y la información previa requerida para alimentar a la misma.

En el capítulo IV se analizan exhaustivamente los resultados de las monitorizaciones, tanto semanales (con registros de 5 minutos), como de 24 horas (con registros de 1 segundo), efectuadas en distintos puntos del área de estudio, y en las distintas temporadas del año. Llegándose a diversas conclusiones en función de la comparación de estos resultados, para los distintos puntos de muestreo, para las distintas temporadas del año, así como los distintos días de la semana.

Dadas las características medioambientales de la Reserva Natural de la Laguna del Portil, y el nivel de protección que le otorga su inclusión dentro de los espacios naturales protegidos, se le ha considerado de acuerdo con el RDL 1367/2007, como zona acústica tipo g), es decir: “Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica”. Por ello, en este capítulo V se ha analizado la situación acústica de este espacio natural, mediante medidas de muestreo espacial realizados en más de 40 puntos de la reserva. Estudiando además su evolución según la distancia a la principal fuente de ruido y en función de la temporada del año.

En este capítulo VI, se han analizado los resultados obtenidos tanto de los mapas de ruido generales de toda el área de estudio, como de los mapas de ruido particulares de los edificios más significativos de la misma. Procediéndose finalmente a la realización de una comparación pormenorizada de los mismos, con los resultados de: las monitorizaciones semanales, las monitorizaciones de 24 horas y con los de los muestreos espaciales en la RNLP. Lo cual ha permitido además una discusión de los motivos que pueden llevar a los posibles desajustes entre los resultados experimentales y los predichos por el modelo.

Por último, en el capítulo VII se presentan las principales conclusiones obtenidas tras la realización de este trabajo. Así mismo, se muestran aquellas líneas de investigación que han quedado abiertas y que podrían abordarse a corto-medio plazo.

Finalmente, se enumeran las referencias bibliográficas utilizadas durante la realización de esta memoria de Tesis.

Se ha estimado oportuno incluir en esta memoria tres anexos. El Anexo I contiene las características de los instrumentos y equipos de medida utilizados. En el Anexo II se incluyen los certificados de verificación periódica de los equipos de medida. Mientras que en Anexo III se adjuntan los últimos certificados de calibración de éstos mismos equipos.

Capítulo II

PROBLEMÁTICA, ESTADO DEL ARTE Y OBJETIVOS

2.1. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LAS CIUDADES TURÍSTICAS COSTERAS

Según la Organización Mundial del Turismo, el turismo es: “el conjunto de actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un período consecutivo inferior a un año y mayor a un día, con fines de ocio”.

Pues bien, trasladando esta definición a una ciudad turística costera, podría decirse que es aquella ciudad que permite las necesidades de descanso, esparcimiento, y recreación, en base a sus condiciones climáticas, al mar y playas, así como a las infraestructuras y servicios que facilitan la estancia.

Los efectos positivos y negativos del turismo sobre el territorio y la población de las ciudades turísticas costeras, están ampliamente estudiados, analizados y documentados a través de infinidad de estudios medioambientales (AL-Sheikh, et al., 2012), (GhulamRabbany, et al., 2013), (Davies, et al., 2000), (Kotios, et al., 2009), económicos (Dixon, et al., 2001), (Niko Koncul, 2007), (UNEP, 1996), sociológicos, (Borrell, 2005), (Dowling Ross, 1993), (Cunha, et al., 2003), (Muhanna, 2006), (Qin, et al., 2005),etc.

Son muchos los impactos positivos que tiene el turismo, sobre todo de tipo económico y de desarrollo. Sin embargo esos estudios de investigación demuestran el fuerte impacto negativo que, sobre todo en el medio ambiente, ha producido el turismo (Sunlu, 2003), (Tapper, et al., 2011). Estos impactos medioambientales negativos podrían resumirse a grandes rasgos en:

- Aumento de contaminación de suelos, agua, acústica, y de residuos.
- Desaparición de especies vegetales, por disminución del suelo agrícola y forestal, así como por el aumento de construcciones e infraestructuras.
- Agresiones en las capas superiores del suelo con el consiguiente riesgo de erosión y desertización.
- Riesgos para la flora y la fauna autóctonas por invasión de su medio natural con otras especies.
- Grave riesgo de desaparición para algunas especies poco toleradas por los “urbanitas” como insectos, reptiles, anfibios, etc.
- Excesivo consumo de energía.

2.2. EL TURISMO SOSTENIBLE

La toma en conciencia de este deterioro, ha hecho que se hayan dado grandes avances para intentar pasar de un modelo de turismo desarrollista (años 50 a 90 sobre todo en áreas mediterráneas), a lo que se llama modelo de turismo sostenible. Estas nuevas formas de hacer turismo, es una modalidad claramente alternativa al sistema tradicional basado en la explotación del medio natural.

Para la OMT, el turismo sostenible es: “El turismo que tiene plenamente en cuenta las repercusiones actuales y futuras, económicas, sociales y medioambientales para satisfacer las necesidades de los visitantes, de la industria, del entorno y de las comunidades anfitrionas” (<http://sdt.unwto.org/es/content/definición>).

Este nuevo modelo conceptual podría decirse, que son todas aquellas actividades turísticas respetuosas con el medio natural, cultural y social, y con los valores de la de la población local. Para ello se debe adaptar el marco institucional y legal así como los instrumentos de planificación y gestión, para conseguir ese desarrollo turístico basado en un equilibrio entre la preservación del patrimonio natural y cultural, la viabilidad económica del turismo y la equidad social de su desarrollo. Todo ello permite disfrutar de un positivo intercambio de experiencias entre residentes y visitantes, donde la relación entre el turista y la comunidad es justa y los beneficios de la actividad son repartidos de forma equitativa, y donde los visitantes tienen una actitud verdaderamente participativa en su experiencia de viaje. Por tanto, no es más que una aplicación inteligente del principio de Desarrollo Sostenible.

Este nuevo modelo turístico, se puede comprender mejor en el siguiente esquema de la Figura 2.1.

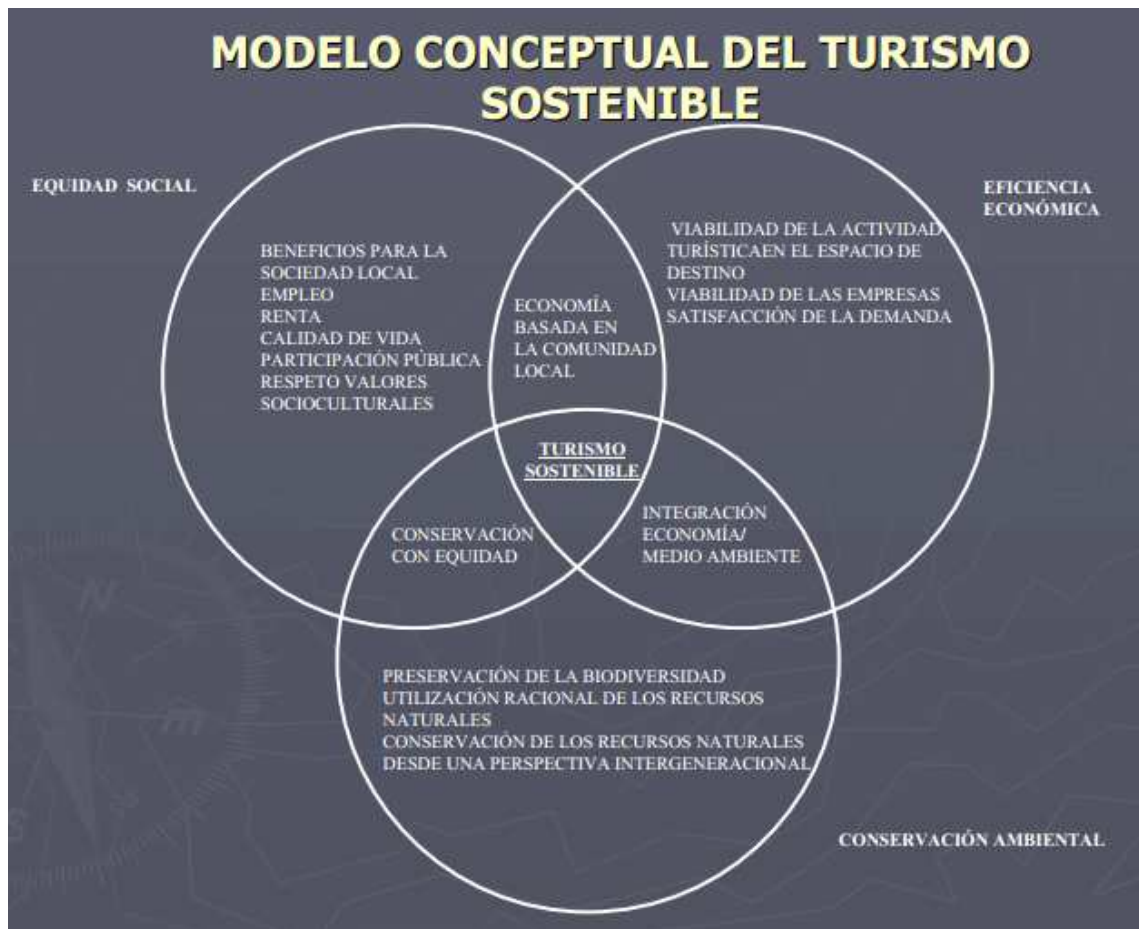


Figura 2.1. Modelo conceptual del Turismo Sostenible. Fuente: (Vera, et al., 2004).

Este nuevo modelo está teniendo una gran demanda entre los turistas. Recientes estudios y encuestas de población, muchas de ellas financiadas por la propia industria, demuestran que existe un cambio de mentalidad y de hábitos de consumo de los turistas a nivel mundial. Así por ejemplo se encuentra que:

- Según estudio de 2012 realizado por TripAdvisor (la website de viajes más grande del mundo), el 71% de los encuestados afirmaron que iban a tomar decisiones favorables al medio ambiente a partir de ese año. (<http://www.multivu.com/mnr/49260-tripadvisor-eco-friendly-travel-survey-voluntourism-go-green>)
- Según estudio de 2012 realizado por Nielsen Company (líder mundial de la información y de los estudios de mercado), casi la mitad de los consumidores mundiales están dispuestos a pagar más por productos de empresas que demuestran un compromiso con la responsabilidad social y medio ambiental. (<http://www.brandchannel.com/home/post/Nielsen-Report-Corporate-Citizenship-040312.aspx>)

- Según un estudio de 2012 realizado por Kuoni (empresa líder de viajes y turismo): se encontró que el 22% de los encuestados contestó que la sostenibilidad es uno de los tres principales factores que influyen en la reserva de sus vacaciones (Leisinger, 2012).
- Según un estudio del 2010 realizado en España (Lera, et al., 2010) la población está dispuesta a incrementar el coste de su vivienda, pagar más impuestos o aumentar el recorrido desde su vivienda al trabajo, con el fin de conseguir ambientes más silenciosos. Igualmente considera necesaria la actuación e inversión de entidades públicas y corporaciones locales para reducir la contaminación acústica.

En base a este cambio de mentalidad y demanda, han ido surgiendo en los últimos años, asociaciones e iniciativas dedicadas a la promoción de prácticas de turismo sostenible en todo el mundo, participadas por empresas turísticas, cadenas hoteleras, consorcios y asociaciones, organismos internacionales, etc. Entre ellas El Consejo Global de Turismo Sostenible (CSTC de sus siglas en inglés) considerada mayoritariamente como la más importante, y en cuya misión figura: *"Promover la adopción generalizada de estándares globales de turismo sostenible para asegurar la continuidad de la industria turística, impulsando la conservación y la reducción de la pobreza"*.

Así por ejemplo el CSTC para promover el turismo sostenible y acreditar a los destinos, entre otras acciones elabora Normas Internacionales, y fija la lista de Criterios para los Destinos. Lista que en su versión 0.2, 28 de septiembre de 2012, y que en sus distintas secciones suma 41 criterios distintos, y entre ellos el nº 11 de su sección D indica: *El destino cuenta con directrices y normas para **minimizar el ruido**, la luz y la contaminación visual. El destino anima a las empresas relacionadas con el turismo a seguir estas normas y directrices*

El problema central de las ciudades turísticas, en relación a la contaminación acústica, es el enorme incremento de tráfico que se produce en la época estival, lo que genera un notable aumento de las molestias por ruidos, lo cual se opone al objetivo que buscan las personas que van a dichas ciudades para disfrutar de sus vacaciones. Las causas más relevantes de este incremento del tráfico en la época estival son:

- El incremento del parque de vehículos.
- Incremento de desplazamientos debido a operaciones llegada-regreso, a lo largo de meses, quincenas o semanas.
- Incremento en la utilización de motocicletas y ciclomotores.
- Desplazamientos *in itinere* de aquellas personas que residiendo en la ciudad costera durante el verano, continúan trabajando en su ciudad de residencia habitual, durante los meses estivales.

- Incremento de las frecuencias de los transportes públicos (autobuses urbanos e interurbanos).
- Incremento de los transportes de mercancías, relacionadas con el incremento de los abastecimientos, como consecuencia del aumento de la población.
- Incremento de la actividad de los vehículos de servicios (recogidas de basuras, bomberos, ambulancias, policías, etc.).
- Incremento de los desplazamientos vehiculares cortos dentro de la propia ciudad, por motivos de compras, y ocio: restaurantes, discotecas, cultura, etc. de la población turística.

Todo ello provoca que el tráfico rodado, en este tipo de ciudades, y en los meses estivales puede llegar en algunos casos a aumentar hasta un 300 % respecto al periodo invernal.

2.3. EL RUIDO EN LAS CIUDADES TURÍSTICAS COSTERAS

Como consecuencia de ese incremento del tráfico rodado que se produce en las ciudades turísticas costeras, en la temporada estival, tiene lugar un incremento espectacular del ruido asociado al mismo, y como consecuencia una degradación del ambiente acústico. Ello hace pensar que la crisis del sector que ha aparecido en algunas de estas ciudades, podría estar relacionada entre otros muchos factores, con el deterioro medioambiental acústico. Todo este proceso seguiría el esquema de la Figura 2.2 que se muestra a continuación.

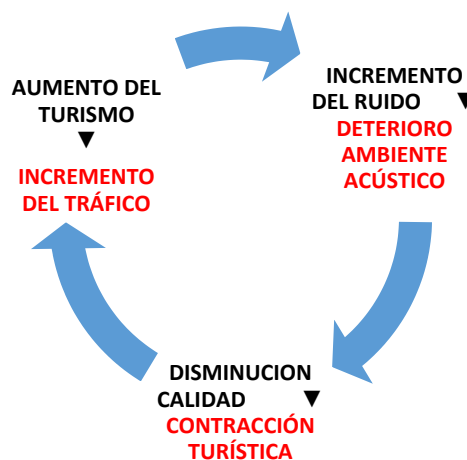


Figura 2.2. Ciclo ruido-turismo

Podría afirmarse que en este tipo de ciudades nos encontramos con un círculo vicioso, donde su principal actividad económica y fuente de su existencia, es simultáneamente causa de su deterioro y por tanto de su posible desaparición.

Esta problemática, conocida como "crisis ambiental", fue reconocida y señalada en la Conferencia Mundial de la ONU para la Desarrollo y el Medio Ambiente, en Río de Janeiro (1992), siendo identificada ya en varios países, pero fue Grecia la pionera en detectarlo e intentar romper y poner fin a ese círculo vicioso. Para lo cual, las autoridades regionales y locales han ido aplicando diversas medidas específicas, a fin de rehabilitar el entorno acústico y la calidad de la vida de los residentes y de la propia población turística (Vogiatzis, et al., 2012).

2.4. EL DETERIORO MEDIOAMBIENTAL ACÚSTICO EN LAS CIUDADES TURÍSTICAS COSTERAS

Como se indicó en el punto 2.1, existen multitud de trabajos de investigación que han tratado de analizar los impactos del turismo sobre la flora, la fauna, el agua, el consumo de energía, etc.

Así mismo, también existen infinidad de estudios de investigación que tratan de analizar la situación acústica de grandes ciudades de más de un millón de habitantes como: Bangkok (Tet Leong, et al., 2002), donde los autores durante el período de seguimiento, encontraron niveles de ruido equivalente de 72.8 a 83.0 dBA durante el día y de 59.5 a 74.5 dBA durante la noche, dependiendo de la zona. Lanzhou, (Guoxia, et al., 2006), en este caso los autores investigaron el ruido de la ciudad a lo largo de 15 años, y llegaron a la conclusión de que los niveles equivalentes en el 36% de los años superan los 70 dBA. Teherán (Mansouri, et al., 2006), en donde los autores determinan que el nivel medio equivalente en el centro de la ciudad es de 74.7 dBA. Jaipur (Agarwal, et al., 2011), en este artículo los autores llegan a que el valor medio, de los niveles equivalentes de ruido entre las distintas localizaciones, es de 78.4 dBA, e incluso llegan a obtener unas ecuaciones de regresión diferentes, en función de si el tráfico está compuesto de vehículos ligeros, o pesados. Calcuta (Chowdhury, et al., 2012), en él los autores determinan que los niveles medios equivalentes de ruido oscilan entre los 79.8 y 77.9 dBA dependiendo si son o no son horas punta de tráfico, además analizando la correlación de los promedios de L10 y L90 entre unas y otras, concluyen que los niveles máximos medidos son debidos a la utilización excesiva de la bocina, por parte de los conductores. New York (Ross, et al., 2011), cuyos resultados más relevantes en este caso, es la fuerte correlación entre el ruido y el tráfico, sobre todo por la noche y con ruido de frecuencia media y alta. También entre el ruido y la contaminación, aunque esta correlación fue menos consistente. Hanoi and Ho Chi Minh City (Phan Th HY., et al., 2010), en dicho artículo los autores demuestran que los niveles de ruido ambiental (> 69 dBA) debidos al tráfico rodado en un país en desarrollo, son notablemente superiores a los de un país desarrollado como Japón. Y que aunque los coches son la forma común de

transporte en los países desarrollados, las motos son, con mucho, los vehículos dominantes en el tráfico en muchos países en desarrollo, como por ejemplo Vietnam, donde se ha demostrado que los niveles más altos son, en general, consecuencia de las bocinas, sobre todo en Hanoi. Dublin (King, et al., 2011), en él analizan el impacto de la prohibición de circulación de vehículos particulares por el centro de la ciudad, llegando a la conclusión de que si se tiene en cuenta solo el periodo de aplicación, se obtienen reducciones de alrededor de 2 dBA, pero si se tiene en cuenta un periodo de 24 h, el impacto de la reducción es mínimo. Beijing (Bengang, et al., 2002), en este artículos los autores, miden en 41 puntos diferentes de la ciudad, obteniendo un nivel medio equivalente de 75.2 dBA, un TNI medio de 66.3 dBA y un NPL de 82.0 dBA, que supera los 70 dBA que es el nivel estándar chino. Hong Kong (Kin-che, et al., 2012), en este artículos los autores concluyen que en esta ciudad, los grupos socialmente desfavorecidos tienden a vivir en edificios expuestos a niveles de ruido superiores, siendo esta tendencia especialmente pronunciada en las urbanizaciones privadas, donde los más ancianos, con menor formación, que trabajan en puestos de trabajo artesano y elementales, y que no son propietarios de sus viviendas, están expuestos a mayores niveles de ruido del tráfico.

También se encuentran trabajos de investigación correspondientes a ciudades medias, de entre cincuenta mil y un millón de habitantes, como: Al-Dammam (Al-Ghonamy, 2010), donde los autores miden en 19 zonas distintas de la ciudad, concluyendo que el nivel medio equivalente durante el periodo de día es de 80.2 dBA, excediendo en 15.2 dBA los niveles máximos permitidos en la legislación del Reino de Arabia Saudí en zonas comerciales y en 25.2 dBA en las zonas residenciales. Asansol (Banerjee, et al., 2009), en dónde se hicieron mediciones, modelado y encuestas a la población, en 25 lugares distintos de la ciudad, llegando con esos datos a que el valor promedio del índice L_{dn} era de 73.28 ± 8.51 dBA, y además a obtener unas ecuaciones empíricas del % de población altamente molesta con el ruido, en función de los índices L_{dn} y TNI medidos. Tokat (Ozer, et al., 2009), en este artículo los autores tomaron medidas de ruido en 65 puntos de la ciudad, entre las 17 y 19 pm, observando en el 77% de ellos el L_{eq} superaba los 65 dBA, que es el valor límite para zonas residenciales de la legislación turca, y solo el 13 % restante estaba por debajo de dicho límite. Cáceres (Barrigón, et al., 2002), en él los autores realizaron muestreos en 24 puntos distintos de la ciudad, clasificándolos en función del tipo de calle, llegando como resultados más relevantes, a que las calles con doble sentido tenían los índices L_{eq} más altos, por encima de los 70 dBA, durante las horas de trabajo. Además establecieron una relación entre el L_{eq} , el flujo de tráfico, con resultados bastante concordantes con los de otros autores. Málaga (Martín, et al., 2011), en este estudio los autores demuestran como si en una encuesta psicosocial sobre las molestias del ruido realizada en esta ciudad, se estratifica la muestra en grupos homogéneos (clases) en función de las respuestas, utilizando solo un 15% de cada clase y elegidos al azar, los resultados obtenidos coinciden con los obtenidos con la muestra total.

Igualmente, se pueden encontrar publicaciones sobre investigaciones llevadas a cabo en ciudades pequeñas, de menos de cincuenta mil habitantes, como: Putrajaya (Abdullah, et al., 2009), a través de medidas en 14 puntos de la población, y de los mapas obtenidos mediante modelización con SoundPLAN software, concluyen que el 30% de las mediciones del área de estudio fueron superiores a 75 dBA excediendo con ello los límites recomendados por la OMS que pueden originar pérdida de audición. Villa S. Giovanni (Cirianni, et al., 2012), en él los autores, después de realizar mediciones en 14 puntos de la población, desarrollan un modelo de predictivo del tipo red neuronal GRNN, que comparado con otros modelos clásicos de regresión, ven que da mejores resultados.

Incluso aparecen algunos estudios e informes de zonas rurales pero con grandes infraestructuras de comunicación próximas a ellas (Taylor, et al., 2008), donde los autores analizan 5 localizaciones de estas características en el Reino Unido, realizando encuestas/entrevistas a sus poblaciones, y analizando los niveles medidos de ruido en las mismas. Concluyen que grandes extensiones rurales están sujetas a niveles de ruido de tráfico, que son una fuente molestias para sus habitantes.

Sin embargo, hay pocos estudios que caractericen la situación acústica en ciudades turísticas costeras, analizando su evolución entre la temporada estival y el resto del año, fuera de menciones generalistas englobadas en los daños debidos en general, a las emisiones al medio ambiente.

Entre los escasos artículos científicos encontrados haciendo referencia al binomio turismo-ruido, se encuentra la referencia (Vogiatzis, et al., 2001), donde los autores analizan estudios sociológicos y encuestas previas sobre la situación medioambiental acústica, o (Chita, et al., 2010), ambas realizadas en diversas islas griegas como Rodas, Mykonos, Santorini, Creta, etc. A través de estos estudios los autores llegan en sus conclusiones, a que el ruido excesivo generado por el deseo de satisfacer las necesidades apremiantes del turismo, dando lugar a una degradación de la calidad de vida de los residentes que permanecen durante todo el año, así como a los propios visitantes de esas ciudades. Dando a continuación una serie de recomendaciones de tipo político administrativo, que ayuden a paliar esta situación.

O bien la referencia (Antillancas Cabezas, 2005) donde el autor analiza la situación acústica de la ciudad turística de Castro (Chile), llegando entre otras muchas conclusiones a: 1) Que el periodo horario entre las 3:00 y 7:00 h es el que presenta mayor diferencia L_{Aeq} entre la temporada turística alta y baja, con una variación de 3.8 dBA. 2) Que el domingo es el día menos ruidoso de la semana. 3) Que la diferencia promedio del nivel equivalente L_{Aeq} del ruido diurno entre la temporada turística alta y baja en la ciudad, es de 2.4 dBA, siendo máxima esa diferencia, en la zona céntrica de la ciudad.

2.5. OBJETIVOS

Teniendo en cuenta la problemática analizada a lo largo de esta sección, y de no haber encontrado ningún estudio acústico que lo aborde, se plantea el siguiente objetivo central: “desarrollar una evaluación y caracterización del ruido existente en una ciudad turística costera del sur de España, en concreto El Portil (Huelva), con objeto de que sirva como herramienta para mejorar el clima acústico de este tipo de ciudades”.

Este objetivo central se puede desdoblar en tres objetivos generales:

- Medir y caracterizar empíricamente el ruido existente en el núcleo urbano.
- Evaluar la calidad acústica del entorno de la ciudad, estando constituido una parte importante del mismo por la Reserva Natural de la Laguna del Portil (RNLP).
- Realizar un mapa acústico mediante modelización de toda la zona urbana, y su verificación mediante medidas en localizaciones relevantes.

Los objetivos generales se han conseguido a partir de los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar la relación existente entre las variaciones de los niveles de ruido en invierno y verano, en función de las variaciones de los aforos de las principales vías de tráfico rodado de la ciudad.
2. Encontrar las relaciones que puedan existir entre las variaciones de los niveles de ruido (días laborables vs días no laborables), en función de los aforos (días laborables vs días no laborables), de la misma travesía de la carretera A-5052, tanto en la temporada invernal como la estival.
3. Analizar la variación de los niveles de ruido con la distancia a la fuente principal de ruido, que es la carretera A-5052.
4. Realizar mediante modelado los mapas acústicos de toda la zona urbana, en cada temporada, en cada momento de la semana, y en cada periodo del día (DIRECTIVA 2002/49/CE, 2002).
5. Comparar los datos de medición directa con los datos de simulación a través de los mapas de ruido, que permita detectar cualquier otra fuente secundaria de ruido.
6. Evaluar la afección acústica sobre la Reserva Natural de la Laguna del Portil.

Capítulo III

MATERIALES Y MÉTODOS

La finalidad de este capítulo, es presentar los materiales, equipos, métodos y técnicas empleadas en el desarrollo de este trabajo. Para ello, a continuación se expone la metodología aplicada para alcanzar los objetivos de la tesis, y a través de ella la realización de una serie de diversas mediciones para obtener los parámetros acústicos del área de estudio. Para lo cual se tuvieron que utilizar distintas técnicas como son las monitorizaciones continuas semanales con registros de 5 minutos, monitorizaciones continuas de 24 horas con registros de 1 segundo, los muestreos espaciales, y finalmente el modelado mediante software de predicción acústica. Para esta última técnica fue necesario recabar y medir previamente datos sobre los IMD (Intensidad Media Diaria) del tráfico rodado en dos de las principales vías del área de estudio.

Por último en el quinto apartado se presenta las herramientas utilizadas en el tratamiento estadístico de los datos obtenidos mediante las anteriores técnicas, a fin de poder realizar comparaciones y llegar a obtener resultados y conclusiones.

3.1. ÁREA EN ESTUDIO

Núcleo urbano:

El núcleo urbano de El Portil, se puede considerar que es un entorno urbano de nueva creación, ya que tiene una vida inferior a los 40 años. Está situado en el suroeste de la península Ibérica, en el término municipal de Punta Umbría (Huelva), en plena Costa de la Luz, y paralelo a la zona final de la denominada Flecha de El Rompido o Nueva Umbría. Ver Figura 3.1.



Figura 3.1. Situación del área de estudio

Su única actividad económica es el turismo y, por tanto la razón de su existencia, disponiendo a lo largo de su litoral marítimo de más de 3 km de playa de aguas tranquilas y arenas finas y doradas, con una anchura variable en función de las mareas, pero con un valor medio a lo largo del año de unos 40 metros, delimitadas por una duna activa de las denominadas rampantes.

Capítulo III.-Materiales y métodos

Este núcleo fue pensado para el descanso y las vacaciones, y por tanto como segunda residencia. Por ello su población es muy estacional, variando desde una estimación en invierno, de alrededor de unos 1200 habitantes, a unos 15000 en la estación estival. La mayoría de ellos, turistas procedentes de la propia provincia de Huelva, además de las de Sevilla, Badajoz, Madrid, e incluso del País Vasco.

El Portil se comenzó a desarrollar a partir de finales de la década de los años sesenta y principio de los setenta del pasado siglo, después de que se produjese la segregación de Punta Umbría del municipio de Cartaya. Es entonces cuando se propone El Portil como espacio para la dinamización turística, siendo en 1968 cuando se aprobó un primer plan de dinamización, que resultó fallido sin crear apenas desarrollo.

El núcleo urbano de El Portil siempre ha tenido como columna vertebral la carretera autonómica A-5052 (Figura 3.2), que une las poblaciones de Punta Umbría con El Rompido, y que es anterior a la creación del núcleo urbano. La A-5052 atraviesa el mismo de este a oeste, constituyendo además una barrera física que divide a la población entre dos zonas perfectamente diferenciadas:

- La zona norte: que es la de mayor extensión y edificación al solo tener como frontera natural los pinares, pero estos hasta el momento no han sido un “enemigo” demasiado resistente a los que el desarrollo urbanístico no les haya podido vencer en su avance. En ella se encuentran las mayores edificaciones en altura y las mayores urbanizaciones de adosados. Podemos considerar la existencia de un total de 2552 viviendas (entre unifamiliares y plurifamiliares), con una ocupación máxima estimada en la época estival, de unas 9923 personas.
- La zona sur: que es la que tiene menor extensión, estando por tanto más constreñida, al tener dos fronteras mucho más infranqueables, una la propia carretera A-5052, y la otra el litoral marítimo, además regulada con una legislación muy proteccionista como es la actual Ley de Costas, y cuyas competencias además le corresponden al Gobierno Central. En ella la densidad de edificación es mucho menor, ya que únicamente existen tres urbanizaciones con edificación en altura, y el resto corresponde a viviendas unifamiliares dispersas. Existiendo un total de 816 viviendas (entre unifamiliares y plurifamiliares), con una ocupación máxima estimada en la época estival, de unas 4896 personas.

Toda esta referida distribución urbanística puede apreciarse con más detalle en la siguiente Figura 3.2, en la cual además aparece: el Límite del Dominio Público Marítimo Terrestre, que fija la Ley de Costas; la carretera A-5052 que une las poblaciones de Punta Umbría y El Rompido, y que cruza todo el núcleo urbano de

El Portil; la Reserva Natural de la Laguna del Portil, con la propia laguna; y la situación de los edificios E-1 y E-3 desde los que se realizaron las distintas monitorizaciones.

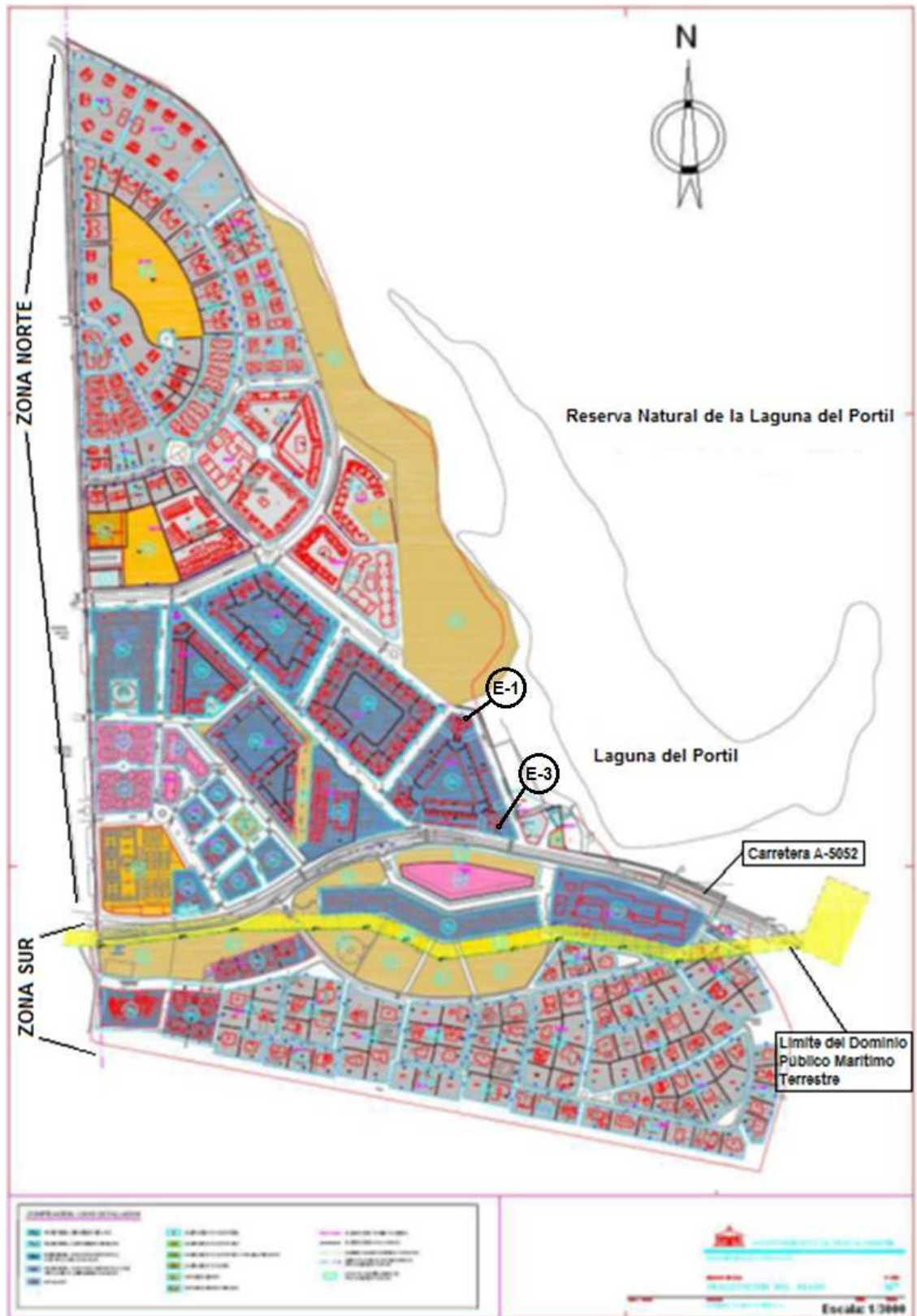


Figura 3.2. Estructura urbanística del núcleo urbano de El Portil

Capítulo III.-Materiales y métodos

Espacios naturales:

El Portil dispone dos zonas de alto valor medioambiental; por un lado la Reserva Natural de la Laguna del Portil (RNLP), paraje natural de incalculable valor ecológico, que rodea por el oeste a este núcleo urbano; y por otro el litoral costero.

El complejo lagunar de El Portil está situado junto al núcleo urbano del mismo nombre, y en las inmediaciones de la desembocadura del río Odiel, por su margen derecha. Se encuentra separada de las aguas atlánticas por un cordón de arena, a unos 10 m de altitud sobre el nivel del mar.

Este complejo está compuesto por una serie de lagunas de agua dulce. La mayor de estas lagunas es la denominada “Laguna del Portil”, Espacio Natural Protegido por la Junta de Andalucía (LEY 2/89, 1989) por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales de Andalucía, y se establecen las medidas adicionales para su protección, bajo la figura legal de Reserva Natural, estableciéndose así mismo una zona de protección periférica de 1.300 hectáreas alrededor de esta laguna. Además es zona LIC (Lugar de Interés Comunitario), conforme a la (DIRECTIVA 92/43/CEE, 1992) del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres.



Figura 3.3. Foto aérea de la Reserva Natural de la Laguna del Portil

La Laguna del Portil tiene una superficie de 15.5 ha. El origen de la laguna se encuentra en la lenta acumulación de arenas proveniente de los frentes dunares

móviles. El tapón creado fue cerrando el paso del agua de dos antiguos cauces de la zona, impidiendo su desembocadura en el mar, presentando una singular forma de “V”. Su evolución, dada la cercanía a la playa, está muy unida a la dinámica de movimientos de arenas de este litoral.

El litoral marino se ubica al sur del núcleo urbano, constituido por un frente dunar activo rampante y cordones litorales. Formados por la acción del viento y el oleaje, así como por la disponibilidad de sedimentos que taponaron los arroyos de pequeña envergadura, y que fueron los que posteriormente generaron la laguna litoral. La duna se encuentra muy deteriorada por la acción de las edificaciones que incumplen la ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, la cual permitió interrumpir la edificación en las zonas de servidumbre del dominio público marítimo terrestre, y con ello preservar el litoral.

3.2. METODOLOGÍA GENERAL

Para poder abordar los objetivos de esta tesis se han seguido cuatro técnicas o metodologías, las cuales a su vez han permitido comparar y contrastar entre sí los resultados obtenidos a través de las mismas.

Las cuatro metodologías seguidas son:

- Monitorización semanal continua, con registros de 5 minutos, en dos puntos del núcleo urbano. Uno más próximo y otro más alejado de la principal fuente de ruido, en nuestro caso la carretera A-5052.
- Monitorización de 24 horas con registros de 1 segundo, desde el edificio más próximo a la A-5052.
- Medidas de muestreo espacial en la Reserva Natural de la Laguna del Portil, en 43 puntos, ampliamente distribuidos, a lo largo de la misma.
- Modelización mediante el software de predicción *CadnaA* (Computer Aided Noise Abatement, de DataKustik), de todo el área de estudio elegida para el presente trabajo de investigación, y la obtención mediante el mismo de sus mapas de ruido.

Una vez obtenidos los datos a través de las cuatro vías de investigación, se pudo comparar los resultados entre sí, y sacar conclusiones sobre el impacto del ruido de tráfico rodado en toda el área.

A continuación se muestra un esquema de la metodología seguida para realizar este trabajo de investigación, ver Figura 3.4. En él se describe de manera sucinta todo el proceso seguido en el mismo:

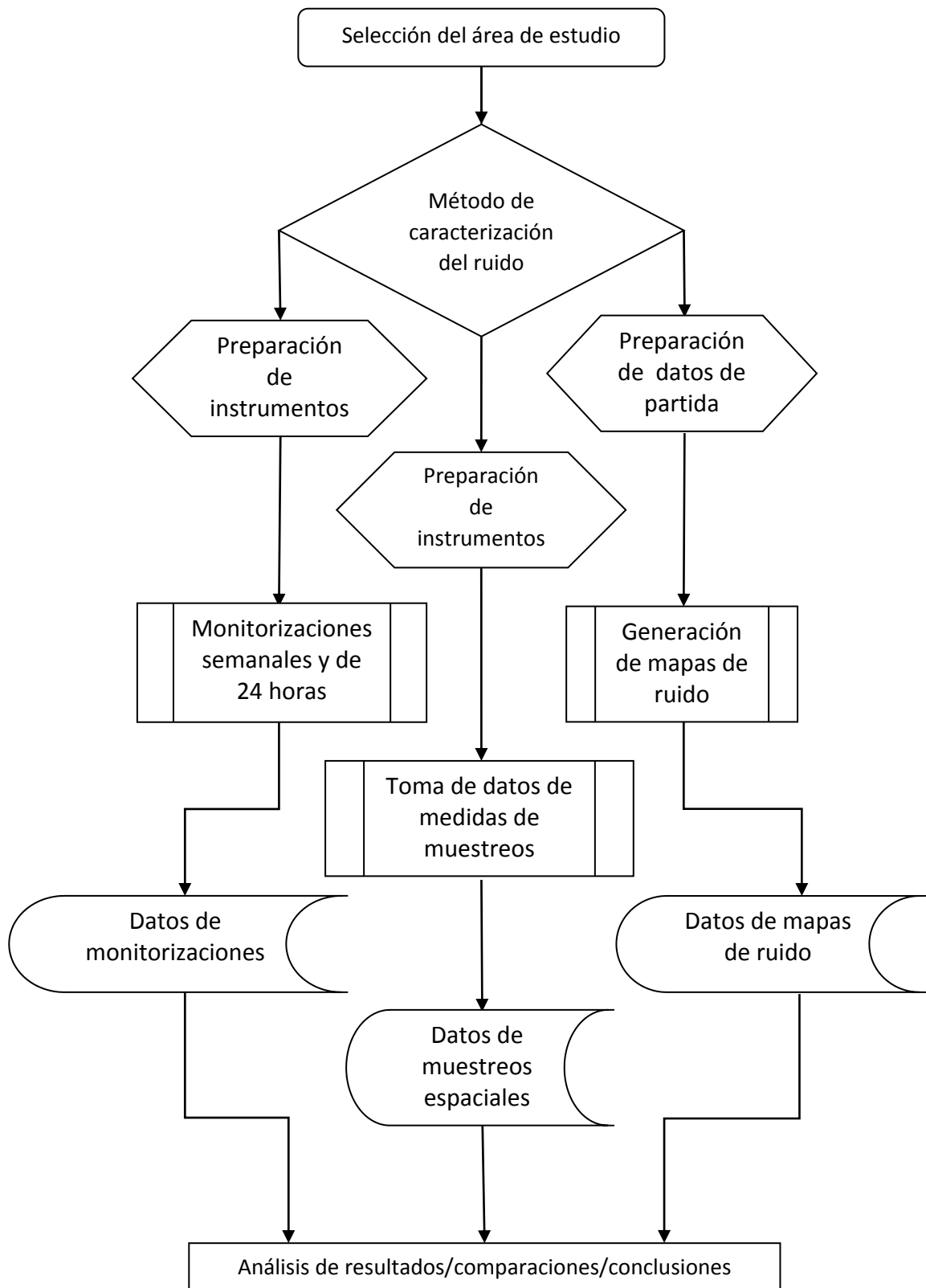


Figura 3.4. Esquema de las metodologías seguidas en el trabajo de investigación

- Una vez seleccionada el área de estudio, se han seguido tres líneas independientes de investigación:
 - Monitorizaciones semanales y de 24 horas.
 - Muestreos espaciales en 43 puntos distintos, repartidos a lo largo de la RNLP.
 - Generación de los mapas de ruido a través de software de predicción.
- Cada una de las líneas lleva su propia preparación de datos, metodología e instrumentos, así como su propio proceso de obtención de resultados.
- Una vez obtenidos éstos, se analizaron individualmente los de cada una de las tres líneas, para posteriormente compararlos entre ellos, y contrastarlos, con el comportamiento esperado.

3.3. INSTRUMENTACIÓN Y TÉCNICAS DE MEDIDA

En general se ha tratado de que los métodos de medición y evaluación acústica empleados, se ajusten a criterios tales que permitiesen garantizar la trazabilidad, la repetitividad y reproducibilidad de las mismas, con la finalidad de que los resultados obtenidos fuesen comparables, así como que diesen robustez a todo el proceso de medida, a fin de acotar lo máximo posible las incertidumbres de las medidas. Por tanto desde dicha premisa, que se ajusten, en todo lo posible, al uso y recomendaciones de las normas:

- (ISO 1996-1, 2003): Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 1: Basic quantities and assessment procedures.
- (ISO 1996-2, 2007): Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 2: Determination of environmental noise levels.

Fundamentalmente en relación al campo de aplicación; a los términos y definiciones, símbolos; al sistema de instrumentación; calibración; verificación; funcionamiento de la fuente (tráfico rodado); situación del receptor; las correcciones a aplicar; la medición del nivel continuo equivalente; la evaluación de los resultados; extrapolaciones a otras posiciones; la información a registrar y presentar; etc.

Además las medidas acústicas realizadas se han dividido en dos tipos: 1) Las medidas de monitorización continua (bien semanal o bien de 24 horas), y 2) Las medidas puntuales de muestreo espacial en la RNLP.

3.3.1. INSTRUMENTOS PARA LAS MEDIDAS

Para realizar las medidas, tanto de monitorización como de muestreo espacial, tal como se indican en el anterior punto 3.2., fue necesario disponer de una serie de equipos de medición, tales como:

- Sonómetro integrador de precisión, marca RION, modelo: NL-31.
- Sonómetro integrador-promediador de clase 1, marca CESVA, modelo: SC-20c.
- Software de sonómetro CESVA.
- Calibrador acústico de marca RION, modelo NC 74.
- Calibrador CB-5 para sonómetro CESVA.
- Pantallas anti viento para los sonómetros.
- Trípode.
- GPS.
- Tarjetas de memoria.
- Cámara fotográfica.
- Distintos cables e interfaces.

Las características y detalles de todos estos instrumentos y equipos, se recogen en el Anexo I. En el Anexo II están los certificados de verificación periódica del sonómetro integrador y del calibrador acústico. Mientras que en el Anexo III se recogen los certificados de calibración.

3.3.2. TÉCNICAS DE MEDIDA

MONITORIZACIONES SEMANALES

Las monitorizaciones semanales se llevaron a efecto con el sonómetro integrador RION NL-31, el cual fue programado para la realización de medidas continuas durante semanas completas, con registros de 5 minutos, y cuya misión fue estudiar, analizar y caracterizar el clima de ruido debido al tráfico rodado generado por dos de

las supuestas fuentes principales de ruido, tanto en la temporada invernal, como en la estival:

- La carretera A-5052 en su travesía por el núcleo urbano de El Portil, elegida porque es, con diferencia, la vía con mayor IMD (Intensidad Media Diaria) de tráfico de todo el núcleo urbano.
- La calle Avoceta, elegida por ser la más utilizada de las dos vías principales de entrada a la zona norte (la más poblada) del núcleo urbano, desde Punta Umbría (orientación este).

Estas medidas se realizaron en los puntos:

- Punto E-1: próximo a la calle Avoceta.
- Punto E-3: próximo a la travesía de la carretera A-5052.

Estos referidos dos puntos están distanciados 133 m lineales entre sí, y su ubicación se pueden contemplar en la anterior Figura 3.2.

Para poder realizar estas medidas fue necesario disponer de unos lugares bien acondicionados, que cumpliendo los requisitos de situación, uno próximo a la calle Avoceta y otro próximo a la carretera A-5052, tales que:

- Dispusieran de fluido eléctrico garantizado durante todo el periodo de medición.
- Que estuviesen protegidos de la lluvia, viento y otros diversos agentes meteorológicos.
- En donde se pudieran dejar los diversos equipos (sonómetros, ordenador, y sus diversas interfaces), trabajando durante una semana completa, sin ningún tipo de perturbación ajena a la propia medida.
- Que se pudieran ser visitables durante los periodos de monitorización.
- Que se pudieran utilizar tanto en la temporada invernal como en la estival.

Para ello se dispusieron y utilizaron las terrazas de los apartamentos 1º B del edificio-1 de “Residencial Aguadulce” (en adelante se le denominará a este punto de monitorización como: E-1), y de la terraza del apartamento 3º A del edificio-3 también de “Residencial Aguadulce” (en adelante se le denominará a este punto de monitorización como: E-3). Cuyas ubicaciones se muestran en las fotografías de las siguientes Figuras 3.5 y 3.6 respectivamente, en las que se ha detallado mediante un círculo rojo las terrazas de dichas viviendas, desde las que se llevaron a efecto las referidas monitorizaciones.



Figura 3.5. Punto E-1 de la monitorización, próximo a la c/ Avoceta.



Figura 3.6. Punto E-3 de la monitorización, próximo a la A-5052.

Así mismo, puede observarse la situación de los edificios, en los planos de las Figuras 3.7 y 3.8, en los cuales se han remarcado de color rojo la ubicación, y en azul la posición de los sonómetros.

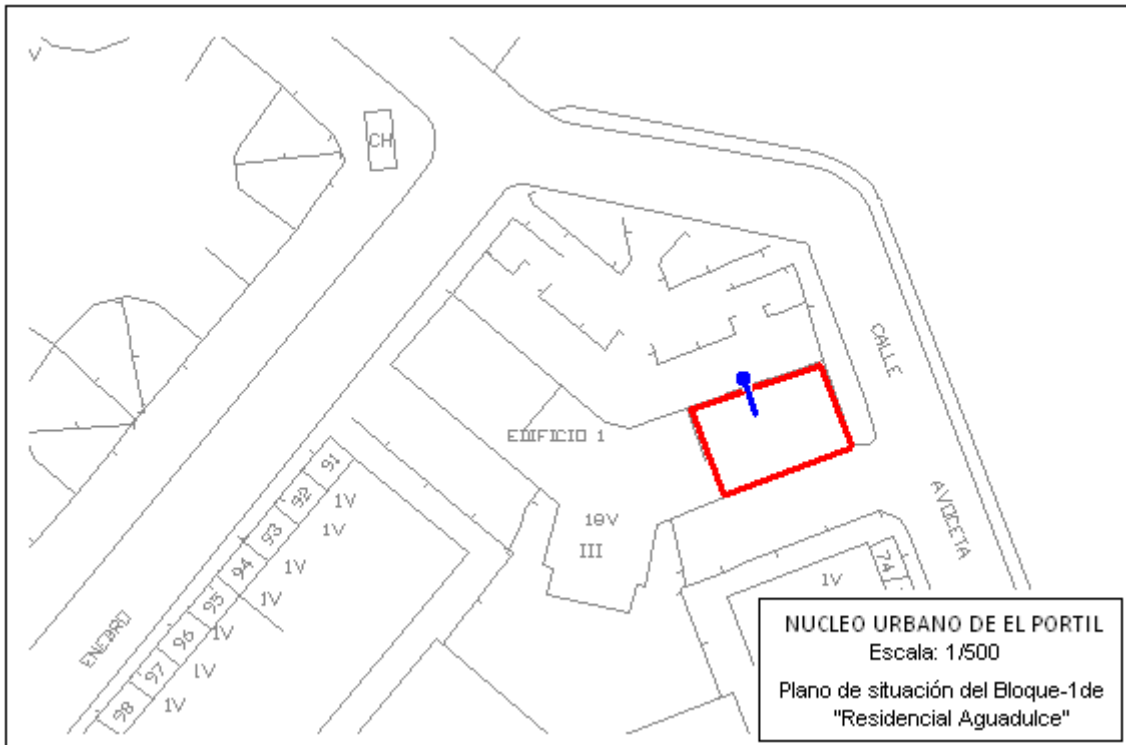


Figura 3.7. Plano de situación del punto de monitorización E-1, con la ubicación del sonómetro.

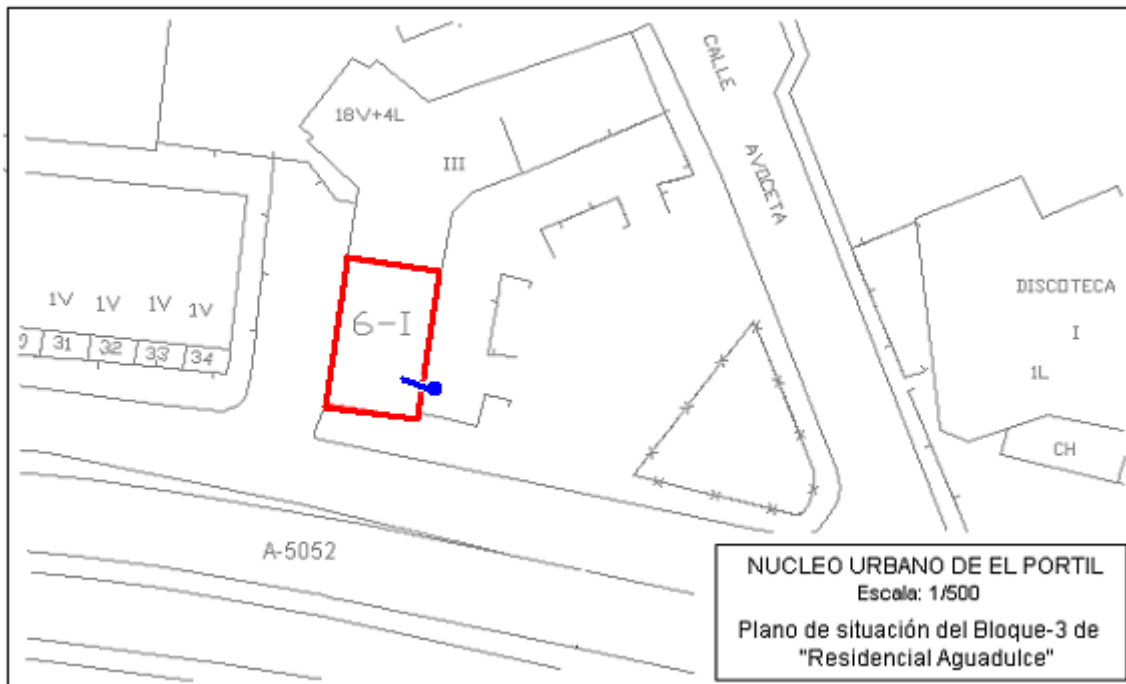


Figura 3.8. Plano de situación del punto de monitorización E-3, con la ubicación del sonómetro.

Capítulo III.-Materiales y métodos

Cuyos datos geográficos concretos, de cada uno de los dos puntos de monitorización, se indican a continuación:

Punto E-1:

- Longitud: -7.047689 [7° 2' 51.7" W]
- Latitud: 37.213048 [37° 12' 47.0" N]
- x = 673239 (UTM Huso-29)
- y = 4120361 (UTM Huso-29)
- Altura absoluta (sobre el suelo de la calle): 9.7 m
- Altura relativa: 1.6 m
- Distancia a la A-5052: 140.5 m
- Distancia a la c/ Avoceta: 12.9 m

Punto E-3:

- Longitud: -7.047368 [7° 2' 50.5" W]
- Latitud: 37.21193 [37° 12' 42.8" N]
- x = 673272 (UTM Huso-29)
- y = 4120232 (UTM Huso-29)
- Altura absoluta (sobre el suelo de la calle): 13.8 m
- Altura relativa: 1.6 m
- Distancia a la A-5052: 12.5 m
- Distancia a c/ Avoceta: 31.1 m

Mientras que la disposición precisa del sonómetro en cada uno de los dos puntos de medida, puede observarse en las siguientes Figuras 3.9 y 3.10.

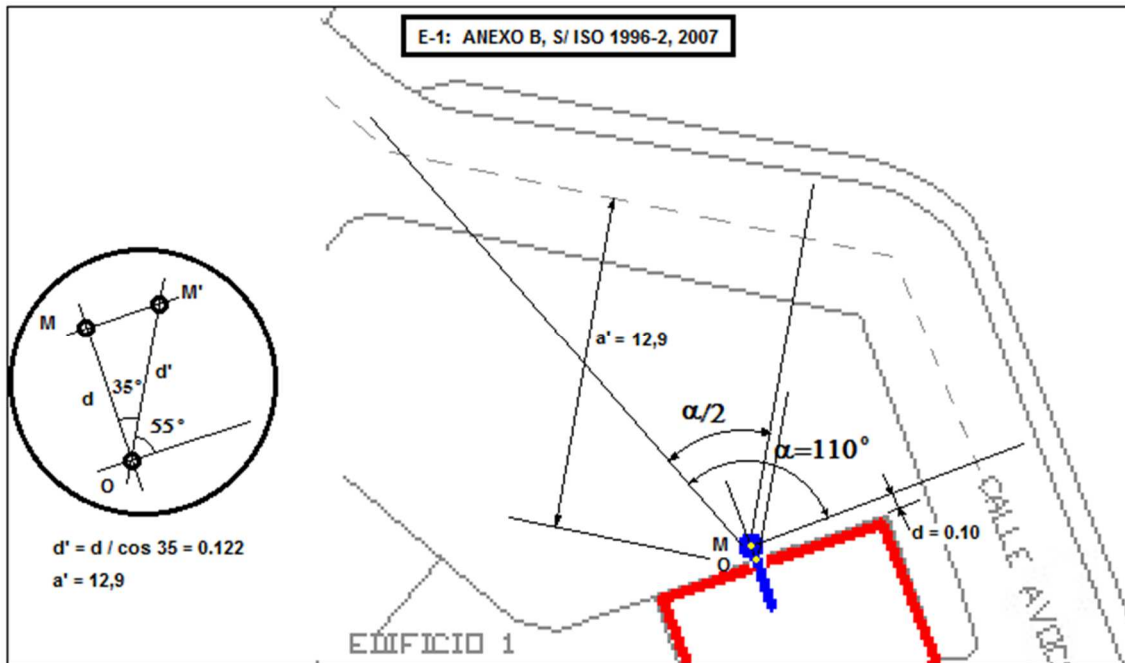


Figura 3.9.-Disposición del sonómetro en el punto E-1, en relación a la fuente de ruido

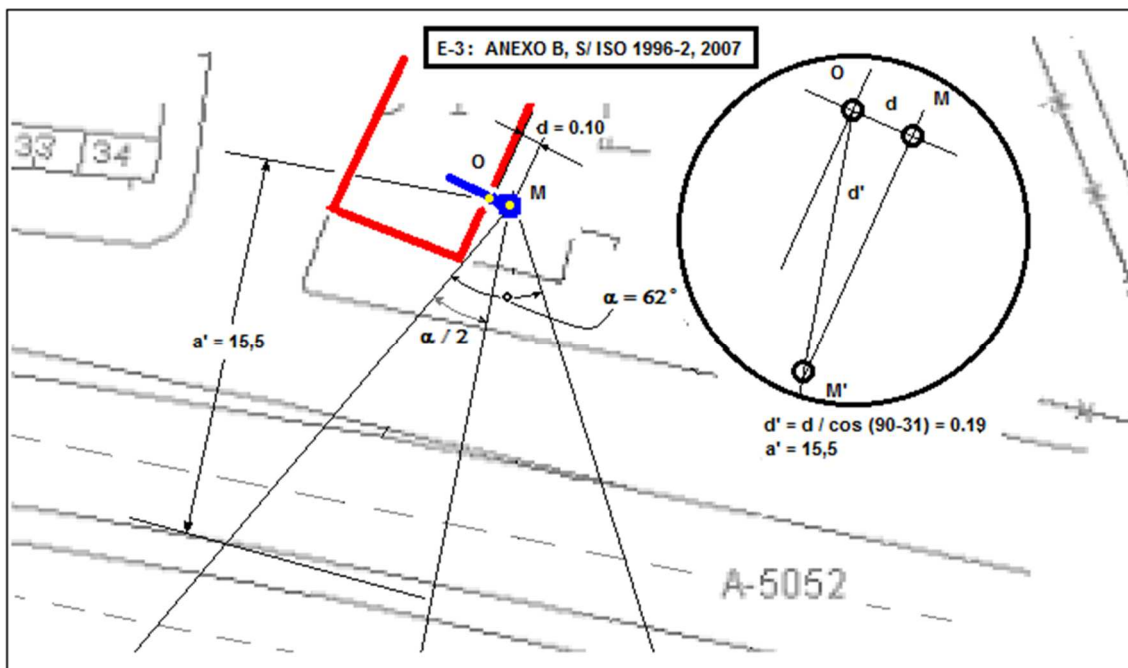


Figura 3.10. Disposición del sonómetro en el punto E-3, en relación a la fuente de ruido

En ellas se comprueba que se cumple la ecuación B.3 [$d' \leq 0.1 \cdot a'$] de la (ISO 1996-2, 2007) para una fuente extendida, como lo son la calle Avoceta y la carretera A-5052.

Las medidas de monitorización semanal se llevaron a cabo, en los dos puntos de medida, en las fechas y horas indicadas en la siguiente Tabla III-1

Capítulo III.-Materiales y métodos

Punto de medida	Temporada invernal	
	Comienzo de medidas	Finalización de medidas
E-3	25/11/2012 (15:33:16)	02/12/2012 (15:28:16)
E-1	20/01/2013 (12:33:51)	27/01/2013 (12:28:51)

Punto de medida	Temporada estival	
	Comienzo de medidas	Finalización de medidas
E-3	31/07/2012 (12:03:08)	07/08/2012 (11:58:08)
E-1	12/08/2012 (00:00:02)	18/08/2012 (23:55:02)

Tabla III-1. Periodos de las monitorizaciones semanales

Previamente a las cuatro monitorizaciones, se verificó el sonómetro con el calibrador NC-74 a una presión sonora de 94 dBA, y una frecuencia de 1000 Hz, volviéndose a verificar igualmente a la finalización de las mismas.

Las disposiciones del sonómetro dentro de las terrazas de los apartamentos, son las que se muestran en las fotografías de las Figuras 3.11 y 3.12.



Figura 3.11. Situación del sonómetro para monitorizaciones semanales en E-1



Figura 3.12. Situación del sonómetro para monitorizaciones semanales en E-3

Los resultados de las monitorizaciones semanales fueron recogidos y almacenados, por el propio sonómetro RION NL-31 en su tarjeta de memoria compact flash, en ficheros planos de datos tipo RND.

Los registros de las medidas de las monitorizaciones se programaron para cada 5'. Por lo que a cada una de las cuatro semanas monitorizadas, le corresponden 2016 registros. Cada uno de esos 2016 registros recogió los siguientes datos:

- Día: día en que se efectuó la medición.
- Hora: Hora en que se efectuó la medición.
- Tiempo de medida: tiempo total de la medida individual (5').
- LAeq: Nivel sonoro continuo equivalente, ponderación A.
- LAE: Nivel de exposición sonora ponderado A.
- LAmax: Nivel de presión sonora máximo ponderado A.
- LAmin: Nivel de presión sonora mínimo ponderado A.
- LA08: Nivel percentil 8, ponderación A.

Capítulo III.-Materiales y métodos

- LA10: Nivel percentil 10, ponderación A.
- LA50: Nivel percentil 50, ponderación A.
- LA90: Nivel percentil 90, ponderación A.
- LA95: Nivel percentil 95, ponderación A.
- LCpeak: Nivel de presión sonora de pico, ponderación C.

MONITORIZACIONES 24 HORAS

Las monitorizaciones de 24 horas se efectuaron con el sonómetro CESVA SC-20c, mediante series de medidas de un día completo con registros de 1 segundo, y cuya misión fue estudiar, analizar y caracterizar durante 24 horas, pero con mayor resolución temporal, el ruido debido al tráfico rodado generado por la carretera A-5052, tanto en la temporada invernal como en la estival.

Estas medidas se realizaron solamente en el punto de medida E-3, el más próximo a la travesía de la carretera A-5052, donde fue preciso además disponer de un ordenador conectado al sonómetro, para que fuese almacenando las medidas recogidas por éste, tal como se visualiza en las Figuras 3.13.



Figura 3.13. Situación de sonómetro y ordenador auxiliar, para las monitorizaciones de 24 h.

Las medidas de monitorización de 24 horas se llevaron a cabo, en las fechas y horas indicadas en la siguiente Tabla III-2.

Temporada	Comienzo de medidas	Finalización de medidas
Invernal	29/03/2011 (19:00:00)	30/03/2011 (18:59:59)
Estival	12/08/2010 (23:00:00)	13/08/2010 (22:59:59)

Tabla III-2. Periodos de las monitorizaciones de 24 horas

Como se indicó en el párrafo anterior, los resultados de las monitorizaciones de 24 horas fueron recogidos y almacenados en un ordenador auxiliar conectado al sonómetro CESVA SC-20c mediante un cable interface RS32-USB, a través del software de CESVA, en ficheros de datos tipo mdb (*Microsoft Access*).

Los registros de las medidas de las monitorizaciones se programaron para cada 1", por lo que a cada 24 horas de monitorización le corresponden 86400 registros. Cada uno de esos registros recogió los siguientes datos:

- Día-Hora: día/mes/año hora:minuto:segundo en que se efectuó la medición.
- LCpeak: Nivel de presión sonora de pico con ponderación C.
- LF: Es el valor rms con promediado exponencial rápido de 125 ms, en decibelios con ponderación frecuencial A.
- LS: Es el valor rms con promediado exponencial lento de 1 s, en decibelios con ponderación frecuencial A.
- LE: Nivel de exposición sonora con ponderación A.
- LAeq: Nivel de presión sonora continuo equivalente, con ponderación A.
- LAeq1': Nivel de presión sonora continuo equivalente durante un minuto, con ponderación A.
- LAeq1'': Nivel de presión sonora continuo equivalente durante un segundo, con ponderación A.

MUESTREOS ESPACIALES EN LA RNLP


Los muestreos espaciales en la RNLP se realizaron con el sonómetro CESVA SC-20c . Para planificar y preparar las medidas puntuales, tanto en el periodo invernal como en el estival, se ha utilizado la técnica del "grill" o retícula, superponiendo al área de muestreo (La Reserva Natural de Las Lagunas del Portil), una retícula de dimensiones de 40 x 40 m sobre una base de fotografía aérea de la zona, obtenida de *Google Earth*, de tal manera que permitiera esparcir las zonas de medición del área de muestreo lo más homogéneamente posible, (Gómez Escobar, et al., 2012), tal como se puede apreciar en las marcas de la siguiente Figura 3.14.



Figura 3.14. "Grill" de medidas puntuales en el área de la RNL

Este "grill", además de simplificar el trabajo de campo, ha permitido distinguir más fácilmente unos puntos de muestreo de otros, y poder ubicarlos sobre el terreno con máxima precisión, para su posterior repetición en la temporada estival.

Para recoger los datos de medida de cada muestra, calibración de sonómetro, y cumplir con lo establecido por las normas (ISO 1996-2, 2007) e (ISO 17025, 2005), se preparó previamente una ficha de campo, como la que se muestra de ejemplo en la Figura 3.15.

	DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA		
	Tesis doctoral: EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN UN NÚCLEO URBANO DE TIPO TURÍSTICO COSTERO (EL PORTIL, HUELVA)		

FICHA DE CAMPO DE MEDICION ACUSTICA

Sonómetro:	CESVA	Modelo:	SC-20c	Nº Serie:	T208849	Cert. calibr:	22/02/2011
Calibrador:	CESVA	Modelo:	CB-5	Nº Serie:	28596	Cert. calibr:	23/02/2011
F. verif. inv:	08/04/2011	H. verif. inv:	18:53	F. verif. ver:	09/08/2011	H. verif. ver:	19:10

CONDICIONES DE LA MEDICION

Punto:	Marca-2		
Localización:	Reserva Natural Laguna del Portil		
Longitud:	37°12'47.69"N	Latitud:	7° 2'49.39"O
Fecha Invier:	08/04/2011	09/08/2011	
Hora Invier:	19:46	19:39	
Durac. Invier:	5'	Durac. Verano:	5'
Altura de evaluación:	1,5 m		

FUENTES DE RUIDO AMBIENTAL

	Flujo de tráfico (v/h)	Fujo v. ligeros (v/h)	Flujo motos (v/h)	Fujo v. pesados (v/h)	Obras:	Personas:	Animales:	Música:	Comercios:	Industrias:
Invierno	174,5	171,1	0,1	3,2						
Día	240,6	235,3	0,1	5,2	no	no	si	no	no	no
Tarde	249,5	245,6	0,2	3,7						
Noche	37,7	37,6	0	0						
Verano	509,7	494,3	3,8	11,63						
Día	595,9	572,5	5,8	17,8						
Tarde	752,8	732,4	5,1	15,8						
Noche	258,2	258,0	0,1	0,3						

Notas/Incidencias:

PLANO:



RESULTADOS (dBA):

Invierno	LeqT:	41,0
	Leq1" max.	51,2
	LeqT(mapa)	40,0
Verano	LeqT:	49,2
	Leq1" max.	57,6
	LeqT(mapa)	49,1

Figura 3.15. Ejemplo de ficha de campo para medidas muestreo espacial

En ella no solo se recogen los datos de los niveles acústicos medidos (Leq,5m y Leq1"max.) en cada uno de los 43 puntos de muestreo en los que se dividió el área de la RNLP, sino además las coordenadas geográficas de cada punto; el día de la medida; la hora; la duración de las medidas; las posibles incidencias durante la ejecución de las mismas; los flujos de tráfico medios de la carretera A-5052 para cada temporada, en función de los IMD (Intensidad Media Diaria) aportados por la

Capítulo III.-Materiales y métodos

Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía (ver punto 3.4.1.); y una foto de su situación.

Todas las mediciones se desarrollaron durante el período de la tarde, con el fin de unificar un periodo determinado del día para todas las medidas individuales. Las mediciones individuales se realizaron durante un periodo de 5 minutos, fundamentalmente porque ese periodo debe incluir la variabilidad intrínseca de las principales fuentes de ruido (sucesos de ruido de la carretera y de la vida silvestre), y por lo tanto que el Leq, 5min sea representativo de Leq, de la tarde en la RNLP. En este caso los eventos acústicos generados por las diferentes fuentes de ruido presentes, es de unos pocos segundos (paso de un vehículo por la carretera, canto de los pájaros, croar de ranas, etc.).

Las medidas de muestreo espacial en la RNLP se llevaron a cabo, en las fechas y horas indicadas en la siguiente Tabla III-3.

Temporada	Comienzo de medidas	Finalización de medidas
Invernal	07/04/2011 (15:33:16)	15/04/2011 (15:28:16)
Estival	09/08/2011 (12:03:08)	11/08/2011 (11:58:08)

Tabla III-3. Periodos de muestreos espaciales en la RNLP

3.4. HERRAMIENTA DE LA MODELIZACIÓN DEL RUIDO

La tercera de las líneas metodológicas que se indicaron en el punto 3.2. es la del modelado del ruido, cuyo propósito fue obtener los mapas de ruido del área de estudio. Para ello se ha utilizado como software de predicción la versión 4.3 de *CadnaA*.

Cadna A es una herramienta destinada a proyectar, y a modo de complemento visualizar gráficamente una situación o condición acústica. Es una herramienta de cálculo basada en un programa computacional desarrollado en C/C++ que sigue unos algoritmos matemáticos destinados a modelizar situaciones acústicas reales e imaginarias, teniendo en cuenta para ello tanto las fuentes sonora, como la propagación del sonido en función de las atenuaciones, reflexiones, absorciones, barreras, etc. (Probst, et al., 2003)

CadnaA aplica y utiliza en sus algoritmos de cálculo, las siguientes normas y recomendaciones nacionales e internacionales en función de la fuente de ruido (CadnaA, 2013):

- **Ruido Industrial:** ISO 9613 (CE); VDI 2714, VDI 2720 (Alemania); DIN 18005 (Alemania); OAL Richtlinie Nr. 28 (Austria); BS 5228 (Reino Unido); Método general de Predicción (Escandinavia); Ljud från vindkraftverk (Suecia); Harmonoise, modelo de cálculo P2P, versión preliminar (Internacional).
- **Ruido de tráfico:** NMPB-Routes-96 (Francia, CE); RLS-90, VBUS (Alemania); DIN 18005 (Alemania); RVS 04.02.11 (Austria); STL 86 (Suiza); SonRoad (Suiza); CRTN (Reino Unido); TemaNord 1996: 525 (Escandinavia); Método Checa (República Checa).
- **Ruido ferroviario:** RMR, SRM II (Países Bajos, CE); Schall03, Schall Transrapid, VBUSch (Alemania); Schall03 nuevo proyecto (Alemania); DIN 18005 (Alemania); ONR 305011 (Austria); Semibel (Suiza); NMPB- Fer (Francia); CRN (Reino Unido); TemaNord 1996: 524 (Escandinavia); FTA / FRA (EE.UU.).
- **Ruido de aeronaves:** CEAC Doc. 29, 2ª edición 1997 (Internacional, CE); DIN 45684 (Alemania); AzB (Alemania); AzB-MIL (Alemania); LAI-Landeplatzleitlinie (Alemania); AzB 2007, proyecto (Alemania).

CadnaA permite la realización de mapas estratégicos de ruido en aglomeraciones según las prescripciones métodos recomendados por la Directiva 2002/49/CE (En España transpuesta en la Ley de Ruido 37/2003). Comunicándose perfectamente con otras aplicaciones de Windows como procesadores de texto, calculadoras de hoja de cálculos. Teniendo la posibilidad de importar y exportar datos de esas aplicaciones, así como el intercambio de base de datos ODBC para importación de datos tales como: ArcView, MapInfo, DXF, Ms-EXCEL, Ms-ACCESS, dBASE, Paradox, Visual Fox-Pro, SQL

Su uso está ampliamente acreditado y aceptado internacionalmente, sobre todo en Europa, como una herramienta para predecir el ruido de distintos tipos de fuentes, incluyendo el ruido del tráfico (Chung, et al., 2008), (Karantonis, et al., 2010), (Probst, et al., 2011).

3.4.1. PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN PREVIA AL MODELADO

Siguiendo las recomendaciones de la “guía de buenas prácticas” (WG-AEN, 2007) desarrollada por el Grupo de trabajo auspiciado por la Comisión Europea para la “Evaluación de la Exposición al Ruido”, y con el fin de elaborar los mapas de exposición sonora con *CadnaA*, fue necesario previamente conseguir y preparar los datos de partida específicos de El Portil, con los que alimentar a dicho software.

El esquema seguido para la utilización de *CadnaA*, sigue la siguiente Figura 3.16

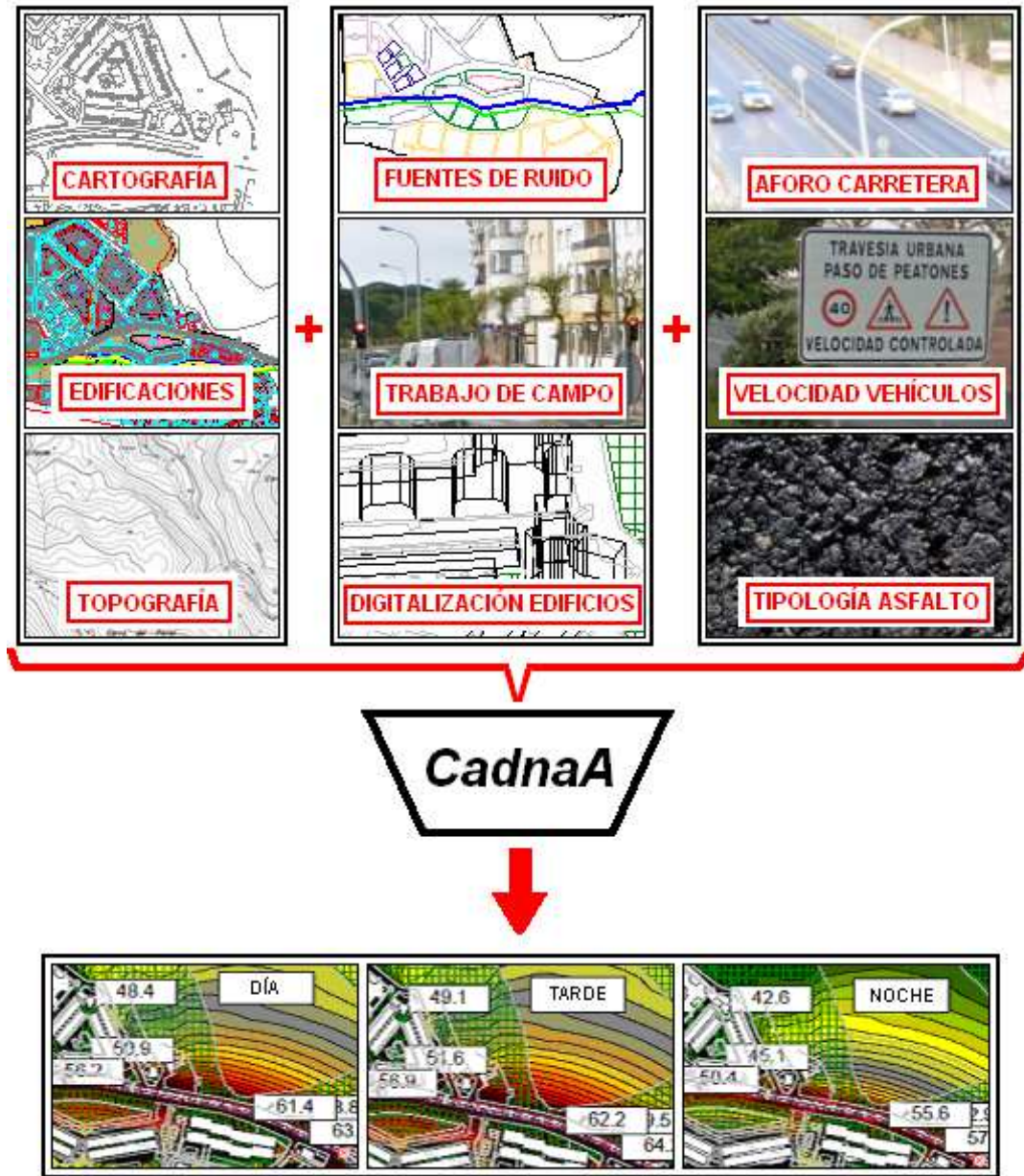


Figura 3.16. Esquema de utilización de CadnaA

Para lo cual la información recabada necesaria fue la siguiente:

- **Obtención y preparación de cartografía/topografía:** Aportadas ambas en formato dwg, por los Servicios Técnicos Municipales del ayuntamiento de Punta Umbría, posteriormente se tuvo que depurar para eliminar cajetines, tramas, capas, etc. transformándose posteriormente a formato dxf para poder ser importado por CadnaA.

- **Alturas y nº de viviendas de los edificios:** Igualmente estos datos fueron también aportados por los Servicios Técnicos Municipales del ayuntamiento de Punta Umbría, a través de ficheros en AutoCAD, como puede apreciarse en la Figura 3.17, donde aparecen el número de viviendas de cada sector, así como la densidad de habitantes por vivienda.

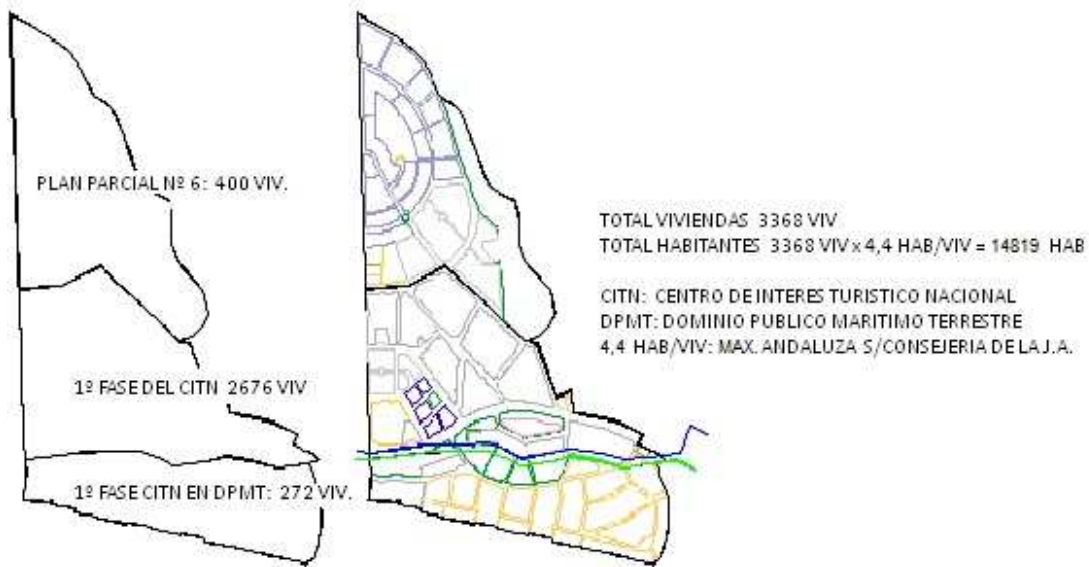


Figura 3.17. Número de viviendas por sectores

- **Aforos de tráfico en las vías consideradas:** Para poder constituir en *CadnaA* las dos vías consideradas como fuentes lineales de ruido, se necesitó obtener los datos de aforo de las mismas.

A-5052: Así, para el aforo de la carretera-5052 a su paso por El Portil, se utilizó la página Web de la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía (<http://www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/portal-web/web/areas/carreteras/aforos>), de la cual se obtiene el registro mostrado en la siguiente Figura 3.18, correspondiente al año 2012 (último publicado). En ella aparece un aforo en IMD (Intensidad Media Diaria), de 8209 vehículos/día, con un 2.3% correspondiente a vehículos pesados. Datos obtenidos mediante estación permanente PT-63 con nº de identificación: 21015063, con telemetría.

Para la distribución horaria según la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, La Ley 37/2003 del Ruido, y el Anexo-I del REAL DECRETO 1513/2005, que establecen los periodos de: día, tarde y noche según:

- Ld: nivel sonoro medio en periodo de día. Le corresponden 12 horas, desde las 7:00 a las 19:00 horas.
- Lt: nivel sonoro medio en periodo de tarde. Le corresponden 4 horas, desde las 19:00 a las 23:00 horas.

Capítulo III.-Materiales y métodos

- o Ln: nivel sonoro medio en periodo de noche. Le corresponde 8 horas, desde las 23:00 a las 07:00 horas.

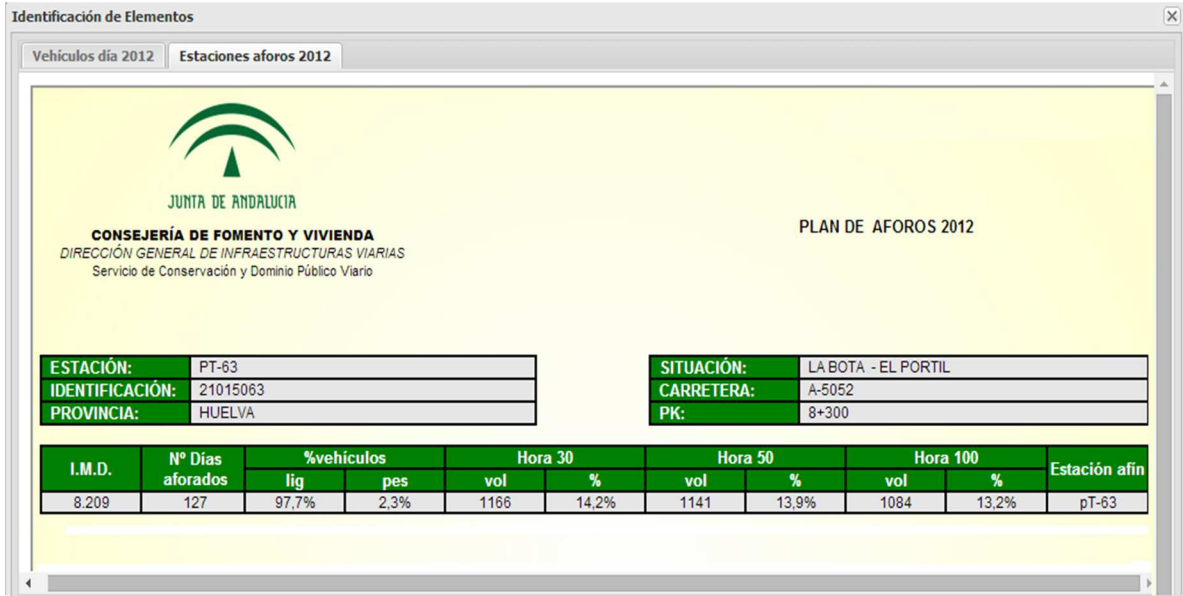


Figura 3.18. Aforo de la carretera A-5052

Se utilizó la “evolución porcentual del día laborable tipo” que detalla la propia web de la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía, tal como se muestra a continuación en la Figura 3.19.

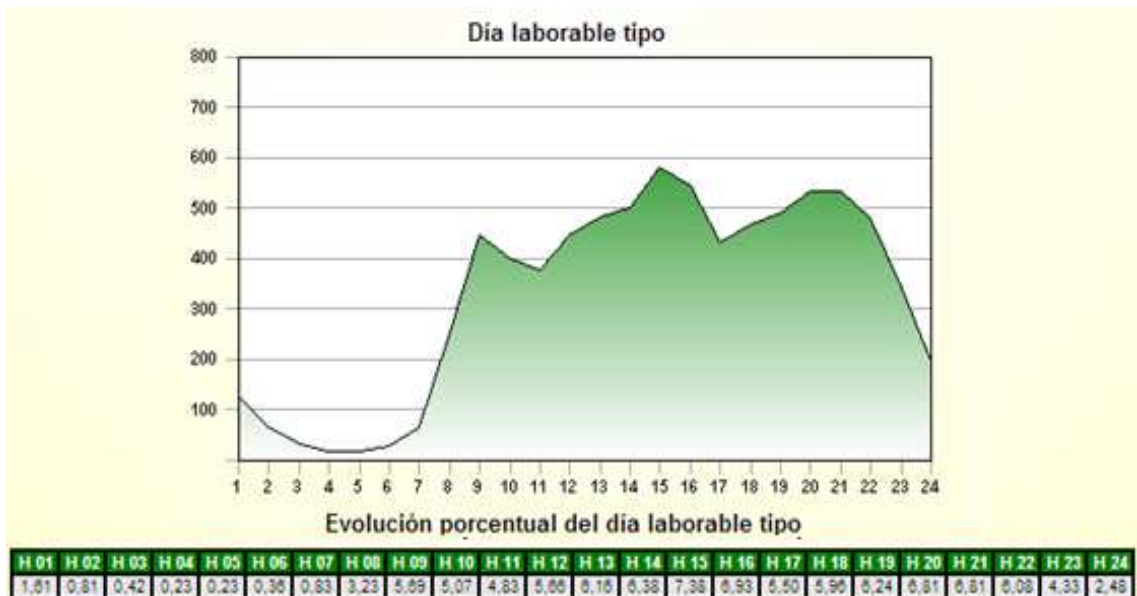


Figura 3.19. Detalle de la evolución porcentual del IMD de un día laborable tipo

Mientras que para realizar la distribución de esta IMD por temporada (invernal-estival), se realizaron diversos muestreos mediante conteos, tanto durante la temporada invernal como en la estival, dichos conteos se efectuaron durante periodos de 5 minutos, en cada una de las horas de una jornada laboral. De dichos muestreos, se dedujo el reparto entre el invierno y el verano de ese aforo anual, correspondiéndole en función de dichos muestreos la siguiente distribución:

- o **Temporada invernal:** 51 % del aforo medio anual, o lo que es lo mismo un IMD de 4188 v/día.
- o **Temporada estival:** 149 % del aforo medio anual, o lo que es lo mismo un IMD de 12228 v/día.

En base a todo lo anterior, los desgloses por periodos de día, tarde y noche en la temporada invernal y estival quedaron según se muestra en las siguientes Tablas III-4 y III-5.

Invierno	Día (D)	Tarde (T)	Noche (N)	Total
Aforo (v/día)	2887	998	302	4188
Veh. Pesados/día	64	15	0	79
% V. P.	2.2	1.5	0	1.9
Aforo (v·h ⁻¹)	240.6	249.5	37.7	174.5

Tabla III-4. Aforos desglosados de la A-5052 en la temporada invernal

Verano	Día (D)	Tarde (T)	Noche (N)	Total
Aforo (v/día)	7151	3011	2066	12228
Veh. Pesados/día	217	63	2	282
% V. P.	3.0	2.1	0.1	2.4
Aforo (v·h ⁻¹)	595.9	752.8	258.2	509.7

Tabla III-5. Aforos desglosados de la A-5052 en la temporada estival

c/ Avoceta: Al no disponer de ninguna estadística oficial (ayuntamiento, comunidad autónoma, ministerio), del tránsito automotor y % de vehículos pesados en esta calle, la solución adoptada para poder estimar los datos del aforo de la misma, fue recurrir a muestreos puntuales mediante conteos aleatorios durante periodos de 20 minutos, a distintos horarios y en ambas temporadas. En base a estos muestreos se determinó que el aforo desglosado, por temporadas y periodos de día, tarde y noche, son los que se muestran en las siguientes Tablas III-6 y III-7.

Invierno	Día (D)	Tarde (T)	Noche (N)	Total
Aforo (v/día)	37	20	3	60
Veh. Pesados/día	1	1	0	2
% V. P.	3.5	2.1	0	3.3
Aforo (v h ⁻¹)	3.1	5.1	0.3	2.5

Tabla III-6. Aforos desglosados de la calle Avoceta en invierno

Verano	Día (D)	Tarde (T)	Noche (N)	Total
Aforo (v/día)	1043	523	165	1731
Veh. Pesados/día	22	10	1	33
% V. P.	2.1	2.0	0.4	1.9
Aforo (v h ⁻¹)	86.9	130.7	20.6	72.1

Tabla III-7. Aforos desglosados de la calle Avoceta en verano

- **Determinación de los pavimento de las vías:** Para conseguir datos sobre el pavimento de la carretera A-5052, se contactó con el ingeniero responsable de carreteras de la Delegación de la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía en Huelva, el cual a través de sus técnicos y estos de forma verbal, aportaron la siguiente información:

- La última repavimentación de la travesía del Portil, se realizó durante la primavera del año 2009.
- El tipo de pavimento fue realizado mediante la técnica de asfaltado en caliente, con una mezcla bituminosa drenante de acuerdo con UNE-EN 13108-7:2007, y una granulometría media de 7,5 mm.

De esta información se pueden deducir dos consecuencias:

- Que el pavimento tenía una antigüedad inferior a los 5 años, en el momento de las mediciones.
 - Que el pavimento se podía catalogar en la categoría de “asfalto poroso” de acuerdo con (MLCV et MT, 1980) la “Guide du bruit-1980”.
- **Trabajos de campo:** Uno de los problemas más tediosos a la hora de modelizar el área de estudio, es recopilar los datos que requiere *CadnaA* para introducir los detalles y características de la zona que se pretende modelizar. Datos y detalles que difícilmente vienen recogidos en la documentación de partida facilitada por los servicios técnicos municipales, y que además pueden ser muy cambiantes desde el momento en que ella se confeccionó, por lo cual no queda más remedio para conseguirlos, que hacer un

exhaustivo trabajo de campo revisando con detenimiento y minuciosidad toda el área de estudio, para la obtención de los mismos. Así en este caso, se efectuaron las siguientes comprobaciones:

- o Se analizó la situación de los semáforos y rotondas.
- o Se comprobó sobre el terreno que la velocidad máxima permitida, de acuerdo con la señalización de Dirección General de Tráfico en la travesía de la A-5052 es de 40 km h⁻¹.
- o Se observó que los vehículos se desplazan a velocidad prácticamente constante y estable en toda la travesía.
- o Se midió el perfil longitudinal de la travesía de la A-5052 por el núcleo urbano de “El Portil” detectando que es de tres calzadas de 3,5 m de ancho cada una, y dos Acerados con una anchura media de 1,5 m (una de las calzadas es utilizada como vía de servicio, en sentido este-oeste), y sirve de acceso a la c/Avoceta, que mantiene dicha anchura.
- o Con copias en papel de los planos proporcionados por los servicios técnico municipales, y callejeando, se recopiló los nombres de las urbanizaciones, comprobando la orografía del terreno, comprobando el número de plantas de las edificaciones, así como la altura en metros de las mismas, de una manera aproximada.
- o Se analizó y recopiló información de las masas forestales de la RNLP, tanto en altura como en densidad.

3.4.2. INTRODUCCIÓN DE DATOS

Con toda la información anterior recopilada, las etapas seguidas para realizar la modelización con *CadnaA* fue:

- a) Introducir, mediante digitalización manual, en el software de *CadnaA* todos y cada uno de los objetos que intervienen en el área de estudio, en este caso todas las edificaciones, ya que en El Portil no existen puentes ni túneles. Introduciendo sus atributos y características: situación topográfica, forma geométrica, alturas, número de plantas, número de viviendas por planta, ocupación, identificación de cada uno de los edificios, denominación de las urbanizaciones, etc. Tal como se muestra en el ejemplo de la siguiente Figura 3.20.
- b) Digitalización en *CadnaA* de las fuentes de ruido (c/Avoceta y travesía de la carretera A-5052).

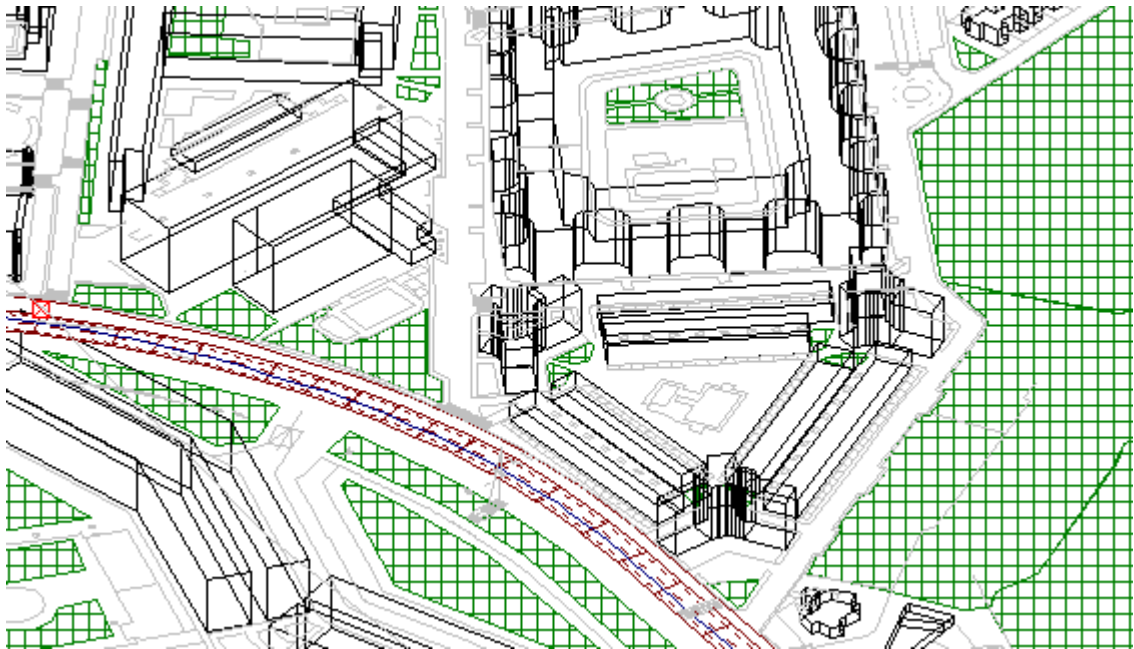


Figura 3.20. Digitalización de la forma geométrica y altura de los edificios

- c) Introducir en *CadnaA* las características geográficas y topográficas, aforos de tráfico, tipo de pavimento, velocidad media de vehículos, perfil, semáforos, rotondas, etc. de la travesía de la A-5052 y de la c/ Avoceta, al ser estas las dos fuentes principales de ruido consideradas.
- d) Introducir en *CadnaA*, las masas forestales, con sus características (altura media, y densidad por unidad de superficie).
- e) Introducir todas las líneas de referencia: líneas de acerados, límites de parcelas, jardines, piscinas, etc.

3.4.3. OBTENCIÓN DE LOS MAPAS DE RUIDO

Una vez completado el escenario de la modelización, se procedió a la obtención de los mapas acústicos, que pueden ser superficiales, de edificios, o receptores puntuales. Todos ellos a su vez se pueden obtener para cada uno de los periodos (día, tarde y noche), y para cada temporada del año. Para ello previamente se tuvo que:

- Definir el mallado y configurarlo, con los puntos receptores en donde se calculan los niveles de inmisión con todos sus parámetros.

- Situar receptores individuales, para conseguir datos de inmisión en fachada en los edificios más significativos, incluidos los edificios de los puntos de monitorización E-1 y E-3, y en los 43 puntos de la RNLP dónde se realizaron los muestreos espaciales.

3.5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para el tratamiento de los datos recogidos tanto en las monitorizaciones semanales como en las monitorizaciones de 24 horas se ha utilizado el programa *Excel* de Microsoft Office 2013, y el complemento de análisis estadístico *XLSTAT*, que ofrece una amplia variedad de funciones para mejorar las funciones de análisis de *Excel*, facilitando el tratamiento estadístico de todos los datos.

Capítulo IV

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL PORTIL

En este capítulo se presentan los resultados, de realizar el tratamiento estadístico de los datos experimentales obtenidos, tanto en las monitorizaciones semanales (con registros de 5 minutos), efectuadas en los dos puntos de muestreo del área de estudio, como en las monitorizaciones de 24 horas (con registros de 1 segundo), y para las distintas temporadas del año.

Durante el tratamiento de los datos experimentales se han considerado y analizado además de los niveles equivalentes L_{Aeq24h} , los índices de ruido día (L_d), tarde (L_t) y noche (L_n), según se describen el Anexo-I del (RD 1513/2005, 2005), los percentiles L_{10} , L_{50} y L_{90} , el nivel de pico L_{Cpeak} , las pendientes de variación del nivel de ruido en función del tiempo (sobre todo al comienzo de la jornada), y los diagramas porcentuales de frecuencia.

Posteriormente se realiza el análisis de dichos resultados de manera independiente, y por tanto distinguiendo entre la temporada invernal y la estival, entre el punto más alejado de la fuente de ruido y el más cercano, y entre días laborables y días no laborables. Adicionalmente se analizaron también de manera separada, los resultados de las monitorizaciones de 24 horas de una jornada laboral con registros de 1", contrastándolos con los de las monitorizaciones semanales.

Finalmente se realizaron diferentes confrontaciones de los resultados: "invierno / verano"; "días laborables / días no laborables"; "punto E-1 / punto E-3", de aquellos parámetros más característicos de dichos resultados ($L_{Aeq5'}$, distribuciones de frecuencia, L_{Aeq24h} y Pendientes de inicios de jornadas), con el fin de ahondar en los análisis de los mismos y sacar conclusiones.

4.1. MONITORIZACIONES EN INVIERNO

Los resultados de las monitorizaciones, tanto en la temporada invernal, como en la estival, se van a subdividir en dos, las correspondientes a los puntos de monitorización: E-1 (el más alejado de la carretera A-5052) y el E-3 (el más cercano a la misma).

4.1.1. SEMANAL EN PUNTO E-1

En la siguiente Figura 4.1, se han representado directamente la monitorización semanal completa, desde el lunes domingo 21/01/2013 hasta el domingo 27-01-2013, con los valores del nivel continuo equivalente de cada uno de los 2016 registros de 5 minutos ($LA_{eq5'}$). Además se le ha añadido la línea de tendencia (en amarillo) del tipo media móvil de periodo 10 (media de cada 10 registros de 5 minutos, es decir de cada 50 minutos, y móvil porque en cada media se coge el registro siguiente y se descarta el primero), la cual permite remarcar la huella sonora semanal y suavizar las fluctuaciones.

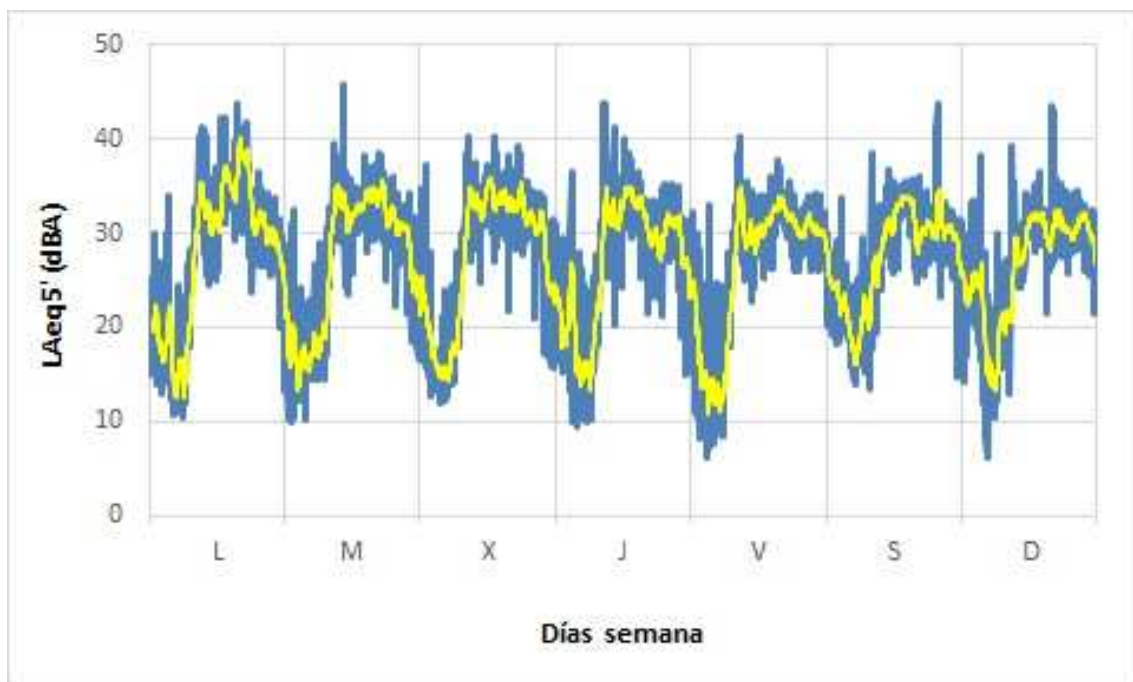


Figura 4.1. E-1: Registro semanal $LA_{eq5'}$ (invierno).

Y cuyo resumen de datos estadísticos de la muestra representada en ella (LA_{eqT} y percentiles: LA_1 , LA_5 , LA_{10} , LA_{40} , LA_{50} , LA_{60} , LA_{90} , LA_{95} y LA_{99}), se indican en la siguiente Tabla IV-1, a la cual se le han añadido los mismos datos estadísticos, pero de cada uno de los periodos en que se subdivide una jornada, según la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

Índice	Semana global	Semana periodo día	Semana periodo tarde	Semana periodo noche
LAeqT	31.6	33.6	31.4	24.1
LA1	40.8	42.1	38.8	33.4
LA5	36.7	38.4	34.4	30.2
LA8	35.4	37.1	34.0	29.1
LA10	34.9	36.6	33.7	28.5
LA40	30.6	32.6	31.2	20.4
LA50	29.4	31.6	30.6	18.3
LA60	27.4	30.7	30.0	16.6
LA90	15.1	25.7	26.3	11.5
LA95	12.6	23.0	22.8	10.3
LA99	9.4	17.2	18.3	7.8

Tabla IV-1. E-1: Resumen de valores de monitorización semanal (dBA) en invierno

Del análisis de la Figura 4.1 y de la Tabla IV-1, lo primero que se observa es como el registro sonoro de los valores de LAeq5' se mueve aproximadamente entre los 10 y 40 dBA, con un nivel continuo equivalente LAeqT de 31.6 dBA durante toda la semana, es decir con unos niveles acústicos que podrían definir a este punto E-1 de "muy tranquilo". Es de interés destacar sobre todo por las noches de algunos días, como aparecen registros individuales de hasta 10 dBA, e incluso inferiores (lo que en acústica generalmente se conoce como "susurro de hojas"). Pero respecto al punto de medida E-1 deben tenerse en cuenta dos circunstancias: La primera es que dicho edificio está totalmente deshabitado durante el periodo invernal; y la segunda que está situado frente a la RNLP y a escasos 10 metros de la misma, lo cual puede ser comparable a los resultados que se han obtenido en estudios realizados en diversos parques naturales, como en el Parque Nacional de Haleakala en Hawái (Bell, et al., 2010), en bosques de la zona nororiental de Cuba (Barceló Pérez, 2001), en Lake Mead National Recreation Área de Nevada (Briggs, et al., 2012), o en el área rural de Lancara (Lugo) (López , et al., 2012).

Además debe tenerse en cuenta que solo el 5 % de los registros puntuales nocturnos (de 5'), son los que están en esos niveles de los 10 dBA, mientras que el nivel continuo equivalente del periodo de noche Ln adopta valores de 24.1 dBA, tal como puede observarse en la anterior Tabla IV-1.

Cabe resaltar así mismo, cómo a lo largo de cada una de las jornadas, tanto por el día como por la noche, se producen picos muy marcados, que corresponderían a eventos sonoros puntuales que destacarían sobre el resto de los eventos. Pero teniendo en cuenta ese estado de tranquilidad de este punto de medida, es lógico que pequeños eventos sonoros (paso de vehículos, máquinas de limpieza de calles, servicio de recogida de basuras, etc.), que en otros ambientes sonoros más elevados pasarían inadvertidos, aquí generen esos picos tan destacados en la gráfica.

Es también significativo el aspecto de las huellas sonoras de cada uno de los días de la semana, todas ellas con forma de U invertida, pero ya en una primera aproximación puede distinguirse una cierta similitud entre la forma de los días laborables de la semana, en donde los lados de la U tienen formas rectas, con mucha pendiente, sobre todo la del lado izquierdo, mientras que las U correspondientes al fin de semana, esos lados tiene formas mucho más curvas.

Otra circunstancia relevante al analizar tanto la Figura 4.1 como la Tabla IV-1 es, que durante los periodos de noche la diferencia entre el LAeqT y el LA50 es mayor que durante los periodos de día y tarde. Ello indicaría que hay más alternancia entre los eventos sonoros de alto nivel acústico, y los eventos sonoros de bajo nivel acústico. Lo cual se traduce en la gráfica de la Figura 4.1, que durante los periodos de noche, la banda azul tiene una anchura superior que en los periodos de día y tarde.

Calculando las frecuencias en intervalos o clases de anchura de 1 dBA, y agrupando las medidas de todos los registros de 5 minutos de la semana, se obtiene el diagrama de porcentual de frecuencias, tal como se aprecia en la siguiente Figura 4.2. Este tipo de diagramas clarifica y enfatiza determinadas características del registro sonoro que de otra manera sería muy difícil de apreciar. Evidenciando fundamentalmente tres características: 1) La forma de la distribución. 2) Las acumulaciones o tendencias posicionales (las distintas fuentes de ruido). 3) La dispersión o variabilidad entre ellas.

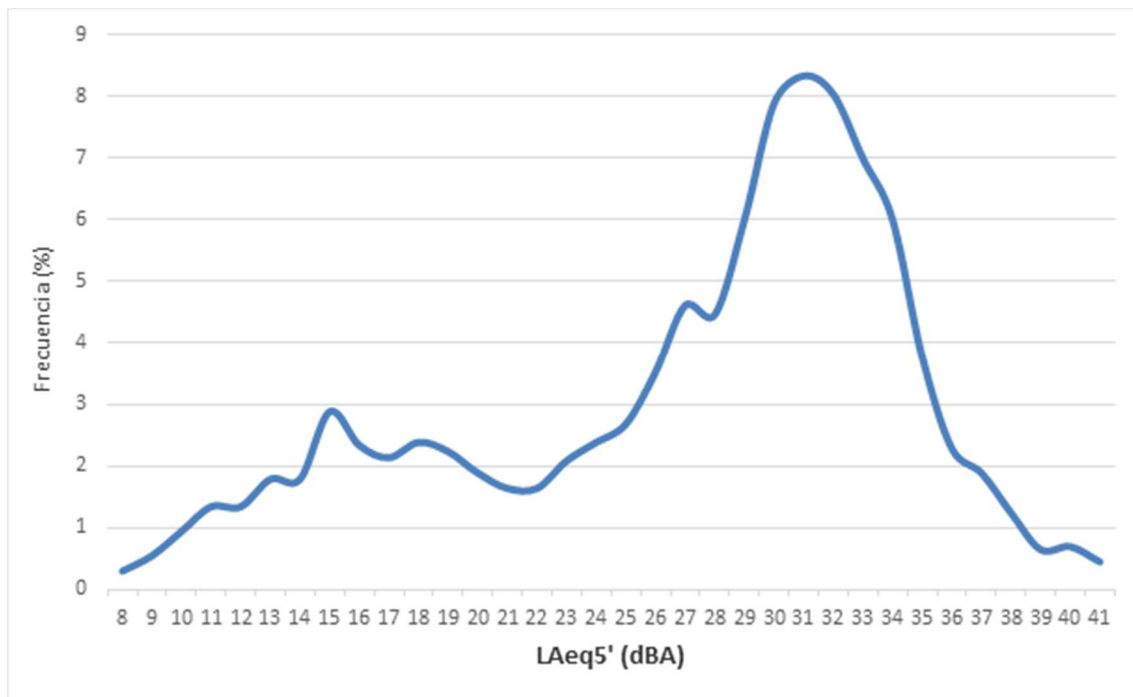


Figura 4.2. E-1 (invierno): Diagrama semanal de frecuencias en %

En este diagrama semanal de frecuencias, correspondiente al punto E-1 en invierno, se distinguen claramente dos máximos relativos, el primero de ellos, que es el más bajo en los 15 dBA, y el segundo en los 32 dBA. Ello viene a indicar que en invierno se superponen dos distribuciones de frecuencias correspondientes a dos poblaciones de datos diferentes; una primera distribución corresponde a eventos de bajo nivel de ruido (el 24 % de los eventos, que están entre los 8 y 22 dBA), que se correspondería fundamentalmente, con el ruido nocturno de fondo. Mientras que la segunda distribución (el 76 % de ellos, tienen LAeq5' entre los 22 y 41 dBA), que se debe fundamentalmente al ruido del tráfico rodado de la calle Avoceta, y a la posible influencia del de la carretera A-5052, que como se indicó, queda a unos 133 m de distancia.

Calculando los niveles equivalentes de un día completo (LAeq24h), y representando éstos a lo largo de la semana, se obtiene para dicho punto E-1 en invierno, la Figura 4.3 mostrada a continuación.

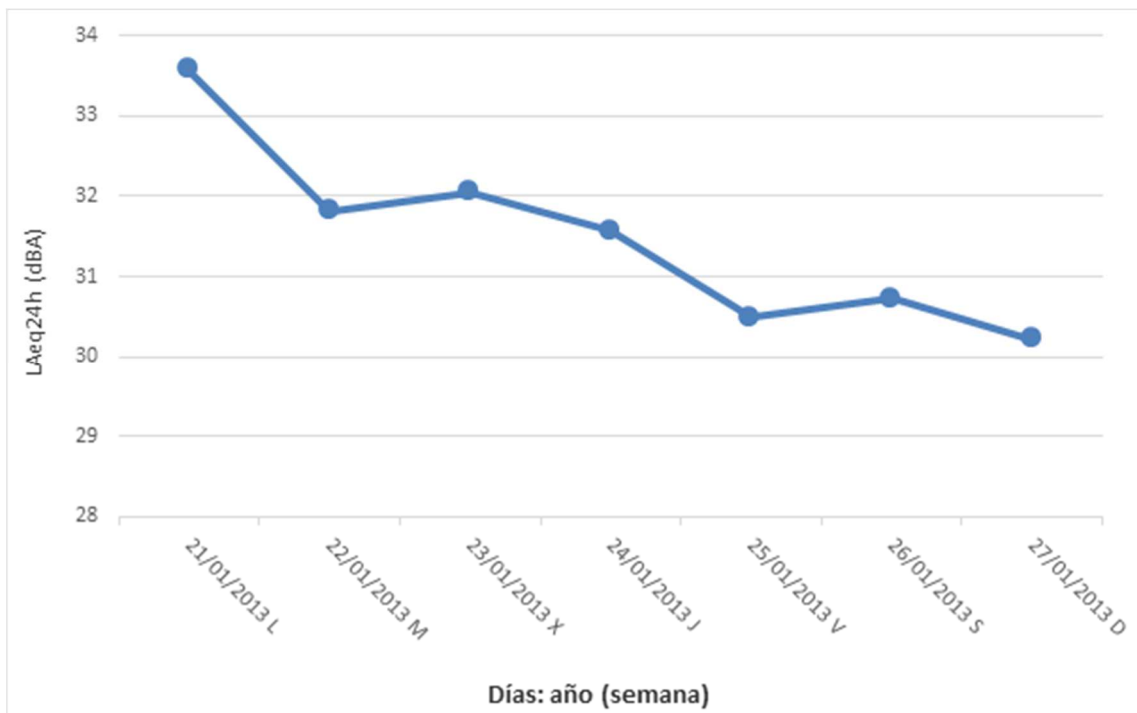


Figura 4.3. E-1 (invierno): LAeq24h a lo largo de la semana

En ella puede observarse como los valores de LAeq24h van disminuyendo a lo largo de la semana, siendo más alto los días laborables (L, M, X, J, V), y mucho más bajos los fines de semana (S y D). Destaca sobre todos ellos el lunes, en que el LAeq24h adopta un valor de 33.7 dBA, pero analizado el registro del lunes, se observó que fue debido a algún evento o eventos circunstanciales y desconocidos, que se produjeron entre las 15:33 y 15:53 h. Si se eliminasen los registros correspondientes a dichos eventos, el LAeq24h del lunes adopta un valor de 32.3 dBA, es decir similar

a los del martes y miércoles. Por tanto, puede afirmarse que existe una diferencia máxima entre los días laborables y los festivos de aproximadamente 2 dB. Lo cual en términos de energía indicaría que en los días laborables, la energía acústica recibida en el punto E-1 es aproximadamente un 50 % superior respecto a la de los días no laborables.

Como se indicó anteriormente, y se puede observar en el ejemplo de la siguiente Figura 4.4 de una huella sonora diaria, correspondiente a una jornada laboral como lo fue el jueves, el lado izquierdo de la U invertida, es una recta de pendiente elevada (muy vertical) y se corresponde aproximadamente, al periodo de la jornada que va desde las 5:00 a las 8:00 horas (UTC en invierno, y UTC+1 en verano).

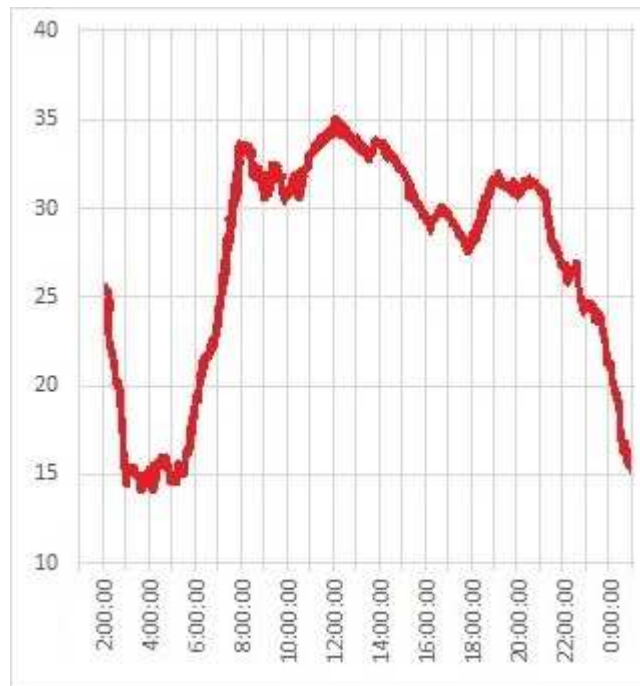


Figura 4.4. Ejemplo de huella sonora de una jornada laboral

En este ejemplo de huella, se distinguen claramente cuatro zonas:

- 1) El lado izquierdo de la U invertida, que va aproximadamente desde las 5:00 a las 8:00 horas, y que correspondería al ruido del tráfico rodado generado al comienzo de la jornada. Tiene forma de línea recta con una pendiente positiva y aproximadamente constante para todos los días laborables, y mucho más horizontal en los no laborables. En esos días laborables, podría decirse que se tiene en ese periodo una “aceleración sonora constante”, que debe estar relacionada con el incremento del flujo de tráfico generado durante el periodo de inicio de la jornada laboral, es decir por los residentes que cogen sus vehículos para acceder a sus puestos de trabajo, o bien los no residentes que se acercan al Portil, por motivos laborales. Cabe destacar que este patrón se reproduce con bastante aproximación, todos los días laborables.
- 2) Meseta de la U, que va aproximadamente desde las 8:00 a las 22:00 horas, y que por tanto se correspondería con toda la jornada laboral. Esta zona a su vez no es

totalmente estable, sino que está constituida por diversos valles y crestas que oscilan entre los 25 y 38 dBA, y que no siguen un perfil demasiado fijo entre los distintos días de la semana. Estas diversas variaciones, es de suponer que están relacionadas con: los periodos de desayuno, regreso de aquellos residentes o no residentes que tiene jornada partida, regreso de los residentes que tienen una jornada laboral intensiva, almuerzo, incorporación de nuevo al trabajo de los que tiene jornada partida, retorno de los que tienen jornada partida, etc. además de la propia actividad comercial y de servicios, y cuyo patrón es muy variable entre unos días y otros.

3) Lado derecho de la U invertida, que va desde las 22:00 a las 01:00 horas, que se correspondería con el comienzo del cese de la actividad, incluida la vuelta a casa después de la jornada laboral. Esta es mucho menos lineal que la del inicio de jornada y también más escalonada. Esta zona se correspondería con una “desaceleración sonora” aunque en este caso no constante. Además, como se puede apreciar en la Figura 4.1, su comportamiento no sigue un perfil fijo, entre los distintos días laborables de la semana.

4) La zona baja que va aproximadamente desde la 01:00 a las 5:00 horas que corresponde con las horas de sueño, y que también tiene pequeños altibajos.

Como se puede observar en la Figura 4.1, ese lado izquierdo de la U invertida, es bastante diferente entre los días laborables y los días festivos, y parece que es una característica propia de los primeros. Por ello y para intentar cuantificar esta característica, se han analizado las pendientes globales, de los valores correspondientes a los niveles de ruido LAeq5' medidos entre las 5:00 y 8:00 horas en cada uno de los días de la semana, obteniéndose que los días no laborables (sábado y domingo), tienen una pendiente media de: 0.252 ± 0.043 dBA/5' (equivalente a: 3.0 ± 0.5 dBA/h), mientras que para los días laborables la pendiente media es de: 0.399 ± 0.045 dBA/5' (equivalente a: 4.8 ± 0.6 dBA/h), ambas incertidumbres dadas con un nivel de confianza del 95%.

Ello quiere decir que la pendiente es aproximadamente 1.6 veces superior en un día laborable frente a un día no laborable. Lo cual indica que en los días laborables del invierno, en las proximidades del punto de medida E-1 se produce un incremento muy rápido de los niveles de ruido, desde los niveles mínimos de la jornada, a los niveles máximos, en el periodo que va desde las 5:00 a las 8:00 horas, mientras que en un día no laborable ese incremento se reduce prácticamente a la mitad.

Los valores de las pendientes de cada uno de los días de la semana, se han plasmado en la siguiente Figura 4.5.

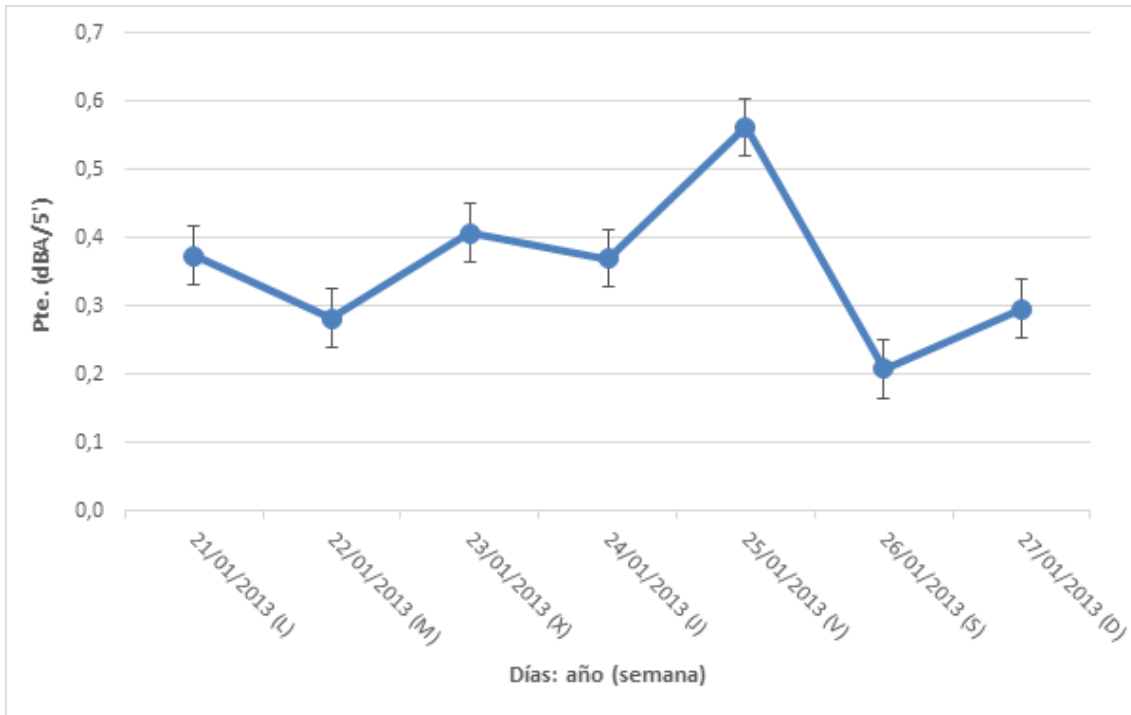


Figura 4.5. E-1: Pendientes semanales (invierno) entre 5:00 y 8:00 horas, con un nivel de confianza del 95 %

En ella puede apreciarse esa mayor pendiente en los días laborables frente a los no laborables. Es evidente de que ello está relacionado con las actividades laborales en general, pero sobre todo pudiera estar motivado, al comienzo de la jornada, por un aumento del tráfico hacia la ciudad de Huelva, generado por aquellos residentes del Portil, que deben incorporarse a sus puestos de trabajo. Comenzando por aquellas personas que trabajan a turnos (hospitales, autobuses, plantas químicas, etc), y más tarde aquellas otras que tiene una jornada laboral más convencional. Posteriormente se añadirían los no residentes, que acceden a El Portil o a El Rompido a ejercer su trabajo (transportistas, distribuidores, profesionales libres, etc.).

A continuación, en la Figura 4.6 se han reflejado, para cada uno de los días de la semana invernal, los valores equivalentes diarios en el punto E-1, de los siguientes índices: LAeq24h (nivel sonoro continuo equivalente de 24 horas en dBA), LA50 (nivel sonoro en dBA, que es alcanzado o superado el 50% del tiempo de la medición, es decir la mediana de la muestra), LA90 (nivel sonoro en dBA, que es alcanzado o superado el 90% del tiempo de la medición, se le suele considerar en acústica ambiental como la representación del ruido de fondo), LA10 (nivel sonoro en dBA, que es alcanzado o superado el 10% del tiempo de la medición), LCpeak (el mayor valor absoluto de la presión sonora instantánea desde el inicio de la medición con ponderación C).

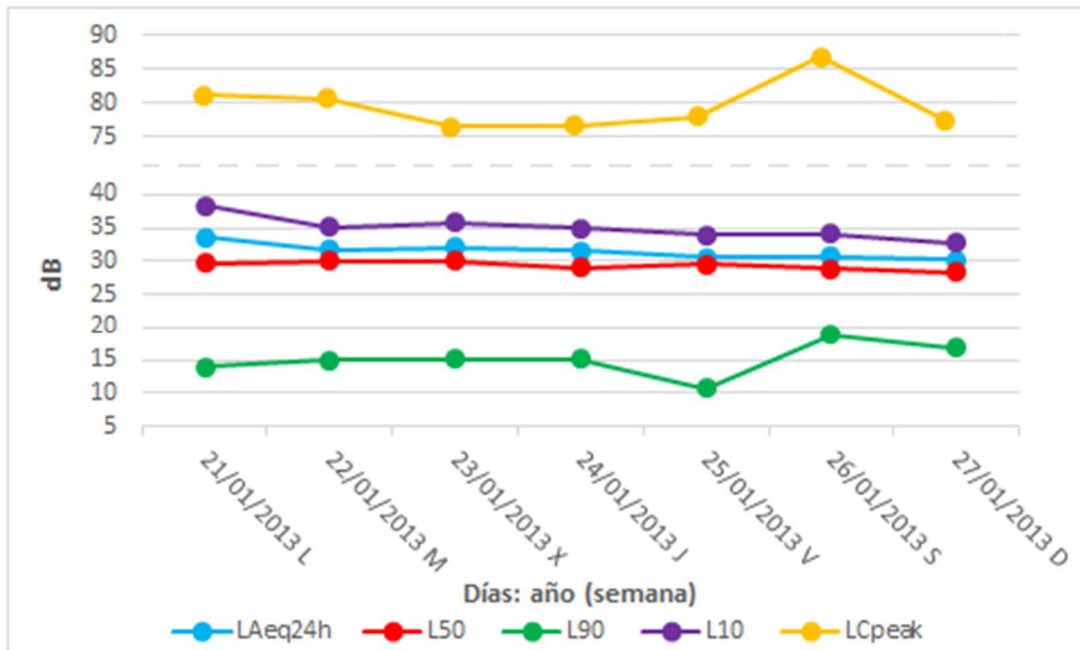


Figura 4.6. E-1 (invierno): Índices diarios de ruido a lo largo de la semana

De su análisis se desprende que el mayor nivel sonoro instantáneo durante las medidas en el punto E-1 en invierno fueron los 87 dB, que corresponde al sábado. Mientras que las menores se dieron el miércoles y jueves, con valores instantáneos de 76 dB, permaneciendo constante a lo largo del resto de la semana en aproximadamente unos 80 dB. Que el LA10, que representa la media de los picos de ruido o eventos más sonoros, va disminuyendo a lo largo de la semana, desde los 38.4 dBA del lunes a los 32.8 dBA del domingo. Que el nivel continuo equivalente LAeq24h también se va reduciendo a lo largo de la semana, desde los 33.6 dBA del lunes a los 30.2 dBA del domingo. Que el percentil LA50 permanece prácticamente constante en los 30.0 dBA, con una leve bajada a los 29 dBA el jueves. Mientras que el percentil LA90 que representaría al ruido de fondo, permanece bastante estable alrededor de los 15.0 dBA durante la semana a excepción del viernes que baja hasta los 10.5 dBA, y el sábado en que se eleva hasta los 18.8 dBA.

Para analizarlos más en detalle, los mismos índices anteriores se han desglosado en sus respectivos periodos de día (d), tarde (t) y noche (n), de acuerdo con la distribución horaria establecida por la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Quedando representados en las siguientes Figuras 4.7, 4.8 y 4.10 respectivamente.

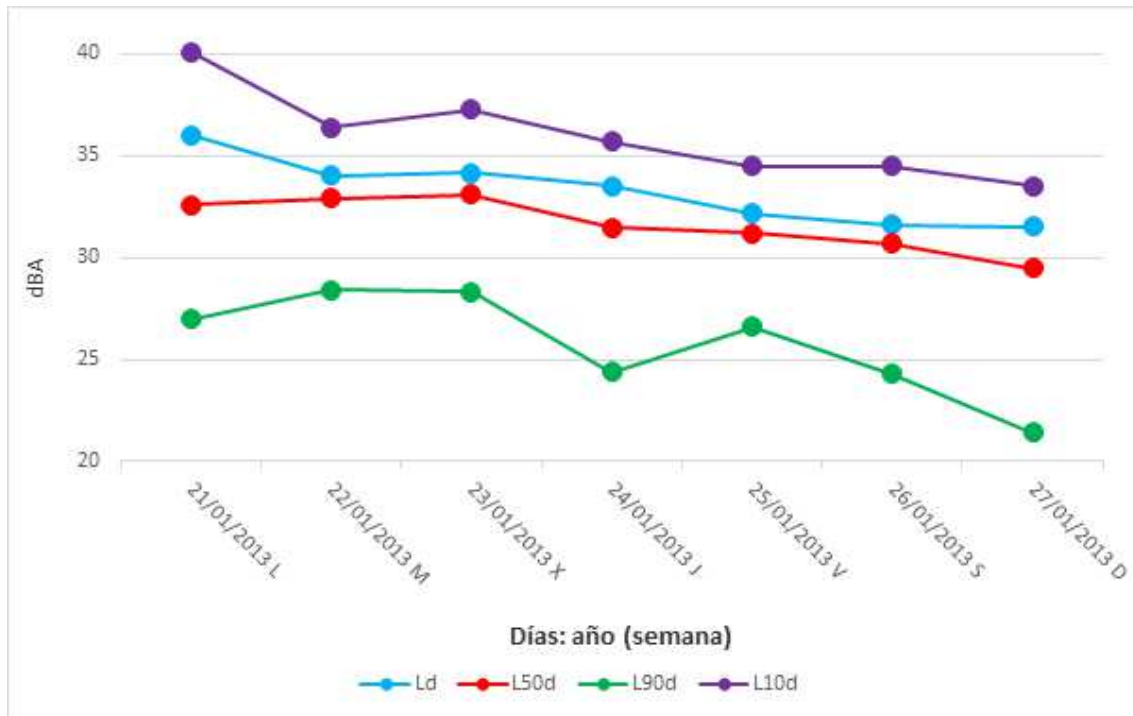


Figura 4.7. E-1 (invierno): Índices diarios de ruido a lo largo de la semana (periodo de día)

Lo primero que se observa es que igual que ocurría en la anterior Figura 4.6, el percentil L10d, que representa a los eventos más sonoros durante el periodo de día, va disminuyendo a lo largo de la semana, desde los 40.1 dBA del lunes a los 33.4 dBA del domingo. Igualmente, que el nivel continuo equivalente Ld también se va reduciendo a lo largo de la semana, desde los 36.0 dBA del lunes a los 31.5 dBA del domingo. Que en este caso, también el percentil L50d sigue la misma tendencia, disminuyendo desde los 33.0 dBA del lunes hasta los 29.5 dBA del domingo. Mientras que el L90d o ruido de fondo durante el día, sigue una variación alternante durante los días laborables, alrededor de los 27.0 dBA, y se reduce en los días no laborables, llegando incluso a los 21.4 dBA el domingo.

De todo ello podría concluirse que en las proximidades del punto E-1, durante el periodo de día en invierno los niveles de ruido del domingo, tanto de los eventos más sonoros como de ruido de fondo son los más bajos que los de cualquier otro día de la semana, y además con una tendencia descendente a lo largo de la misma.

Son significativos los valores de L10d y Ld del lunes que están muy por encima de los valores del resto de la semana. Por ello se ha analizado el registro de ese día, observándose que entre las 15:33 y 16:53 se dieron unos LAeq5' con valores de unos 40 dBA, pero que están entre 5 y 6 dBA por encima de los de la hora anterior y posterior. Es evidente que no es un ruido muy elevado, pero si la diferencia con las otras horas y días en el mismo horario, y que por tanto se trató de unos eventos circunscritos a ese día y periodo de tiempo. Y aunque es aventurado, podría corresponder a ruido procedente a alguna obra de construcción alejada del punto de medición E-1, del tipo hormigonera, amoladora, etc.

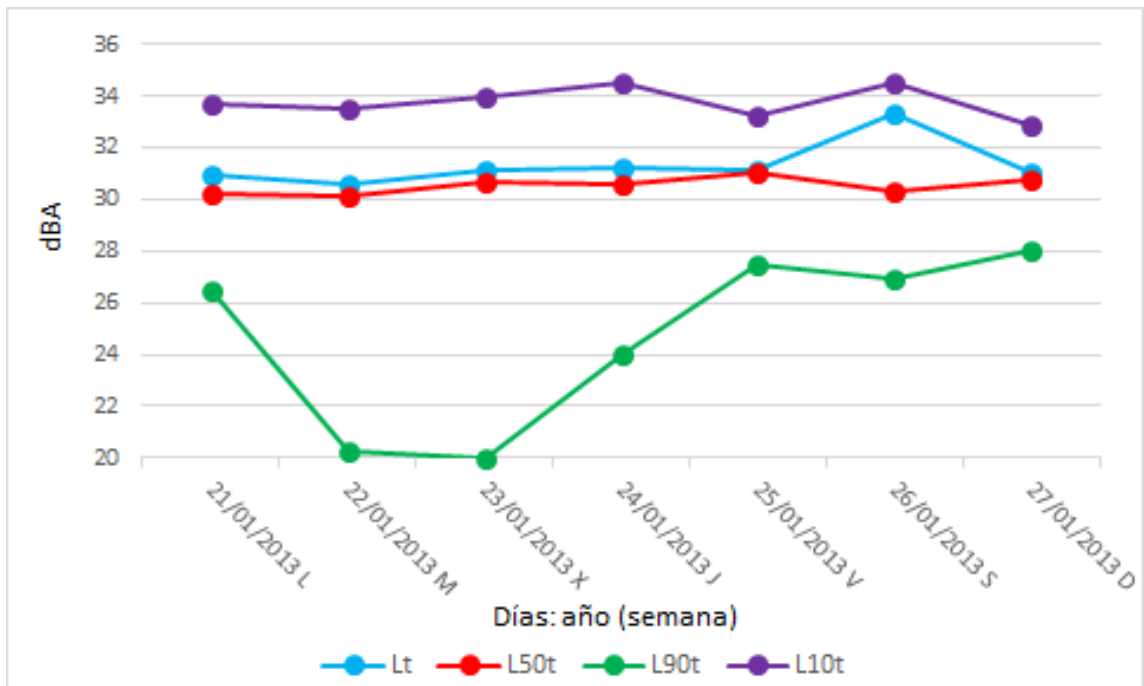


Figura 4.8. E-1 (invierno): Índices diarios de ruido a lo largo de la semana (periodo tarde)

De la observación de la Figura 4.8, lo que más llama la atención es que las curvas de los niveles Lt y L50t prácticamente son coincidentes en los 30.5 dBA a lo largo de la semana, excepto el sábado en que se alejan bruscamente una de otra, lo cual es responsabilidad de un evento puntual (desconocido, pero del tipo sirena de ambulancia, o coche de policía o bomberos) que se debió producir en este lugar el sábado (26/01/2013) a las 19:43:51 h y que llegó a alcanzar los 72.6 dBA. También, se observa, que contrariamente a lo que ocurría en el periodo de día, el ruido de fondo (curva de L90t) aumenta cuando se acerca el fin de semana, pasando de los 20.0 dBA del martes a los 27.0 dBA del sábado, hecho predecible si se tiene en cuenta que al ser una ciudad de segunda residencia y turística, durante el fin de semana experimenta un aumento considerable de población.

Por ello puede concluirse que en este lugar próximo al punto E-1, en las tardes de los fines de semana, el ruido de fondo aumenta, mientras que el nivel equivalente Lt permanece estable. Es de suponer que la actividad de bajo nivel aumenta, debido a que algunas viviendas son ocupadas a partir de la tarde del viernes, por aquellos vecinos que se acercan a sus segundas residencias, con objeto de pasar el fin de semana en la playa.

Para analizar este hecho en más detalle, se ha confeccionado la Figura 4.9, en donde aparece para el periodo de tarde, las gráficas porcentuales de frecuencia de los días Laborales, y la de los días No Laborales.

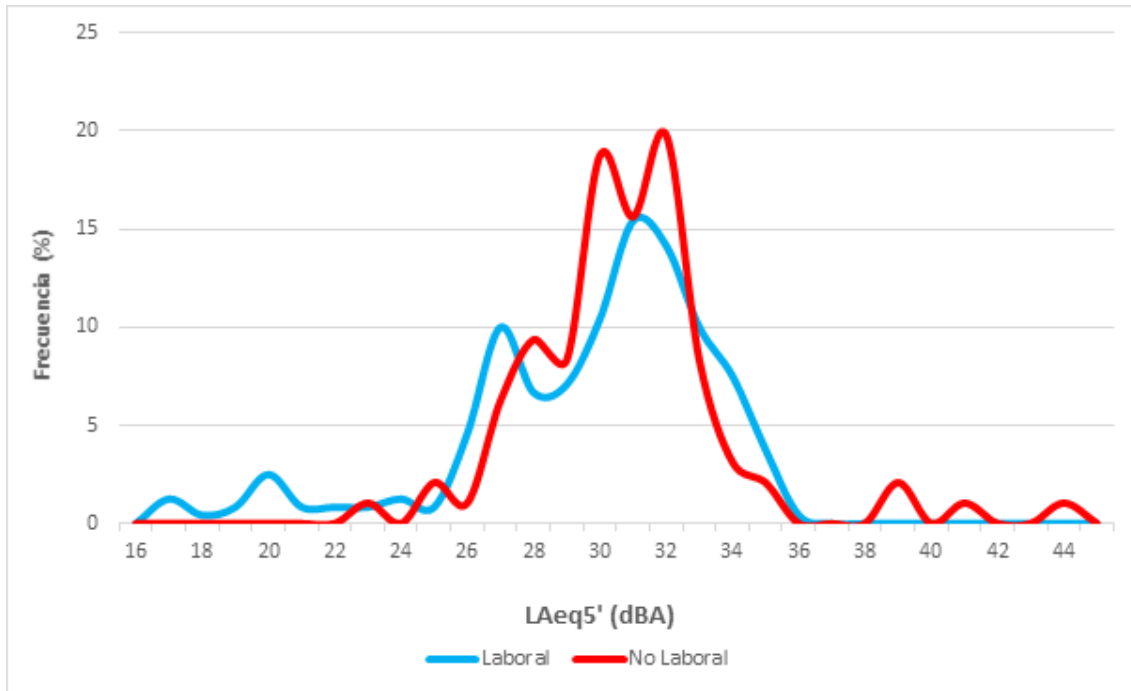


Figura 4.9. E-1(invierno): Graf. Frec. Lab./No Lab. (periodo tarde)

De su observación puede apreciarse que la correspondiente a los días laborables tiene tres máximos relativos, que se corresponderían con la superposición de tres poblaciones de datos diferentes; una primera población correspondería a eventos de bajo nivel de ruido (el ruido de fondo vespertino) que está centrado en los 20 dBA, y al cual solamente le corresponden el 4.3 % de los registros. La segunda población, correspondería a los eventos de nivel medio (personas hablando por la calle, ladridos, ruidos de otros animales, etc.) que está centrada en los 27 dBA, y a los cuales les corresponden aproximadamente el 21 % de los registros. Mientras que la tercera población correspondería a los eventos de niveles más altos de ruido (ruido del pequeño tráfico de la propia c/ Avoceta, y otros ruidos), la cual está centrada en los 31 dBA, y le corresponden el 74.7 % restante de los registros.

Por el contrario la gráfica correspondiente a los días no laborables, presenta una gran distribución de máximos a lo largo del espectro, lo cual ya indica que hay más actividad de los distintos agentes responsables de los mismos, es decir mayor número de personas residiendo, y por tanto más: vehículos que entran y salen de los garajes, motocicletas, cláxones, más personas hablando, más actividades domésticas, más ladridos de perros, etc. Además todos esos máximos están desplazados hacia los niveles mayores de ruido. Cabe destacar que los eventos más silenciosos (ruido de fondo vespertino) ahora están centrados en los 25 dBA, los eventos de nivel medio, están centrados en los 28 dBA, el ruido del tráfico de la c/ Avoceta continua centrado en los 31 dBA, como en los días laborables. Pero además se observan máximos relativos en los niveles de 39, 41 y 44 dBA, que aunque pequeños en número, indican una mayor actividad de otras fuentes sonoras en estos días no laborables. Lo cual corrobora lo observado en la Figura 4.8.

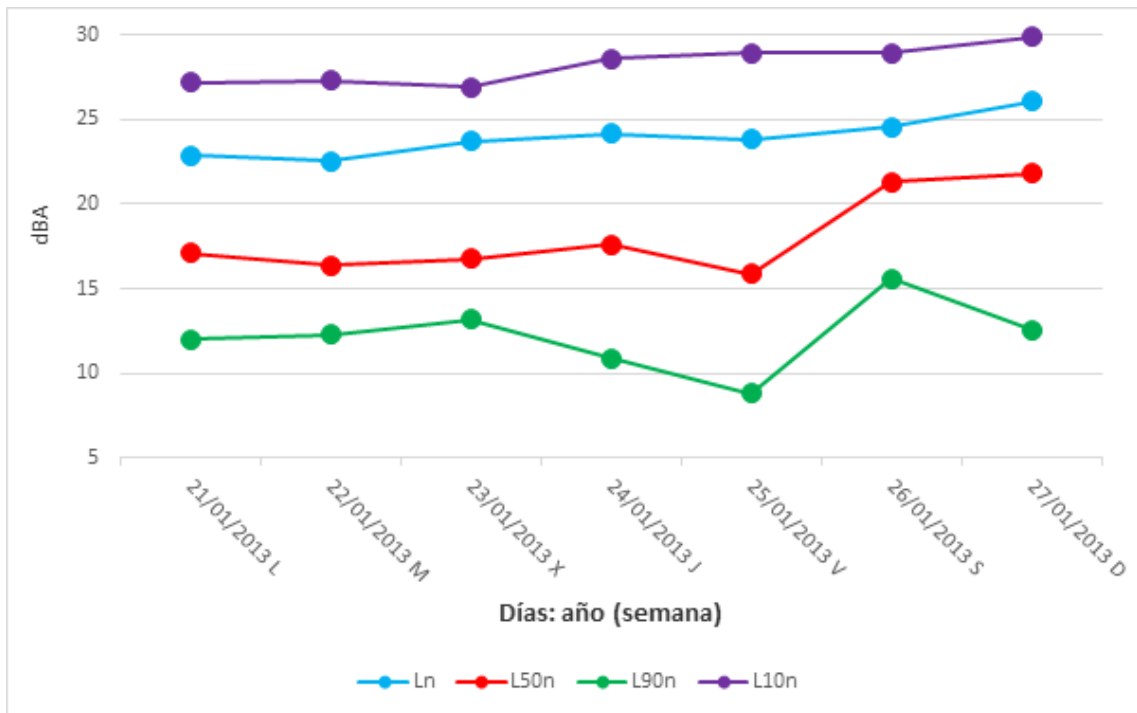


Figura 4.10. E-1 (invierno): Índices diarios de ruido a lo largo de la semana (periodo noche)

Del análisis de la Figura 4.10 se deduce que, contrariamente a lo que ocurre en los periodos de día y tarde, las curvas de Ln, L50n y L10n van aumentando suavemente a lo largo de la semana, siendo máximas el domingo.

Así mismo se observa que el ruido de fondo nocturno (L90n) aumenta unos 4 dBA en la noche del sábado, para volver a descender en la del domingo. Es decir la mayor actividad sonora nocturna en los alrededores del punto E-1 a lo largo de la semana, se produce los sábados por la noche, aunque los domingos por la noche es cuando ocurren los eventos más sonoros.

También cabría destacar la mayor separación que en general existe entre las curvas de cada uno de los niveles en general, y en particular entre la de las curvas de Ln y L50n, lo cual vendría a indicar que durante el periodo de noche, en las proximidades del punto E-1 y en la temporada invernal, hay una distribución de eventos sonoros distinta a la de los periodos de día y tarde en que estas curvas están más próximas, y por tanto que existen dos fuentes de ruido perfectamente diferenciadas.

De nuevo, para analizar esta circunstancia mucho más detalladamente, se ha recurrido a los diagramas porcentuales de frecuencias, pero en este caso solamente se ha confeccionado para el periodo de noche, el cual se puede apreciar en la siguiente Figura 4.11.

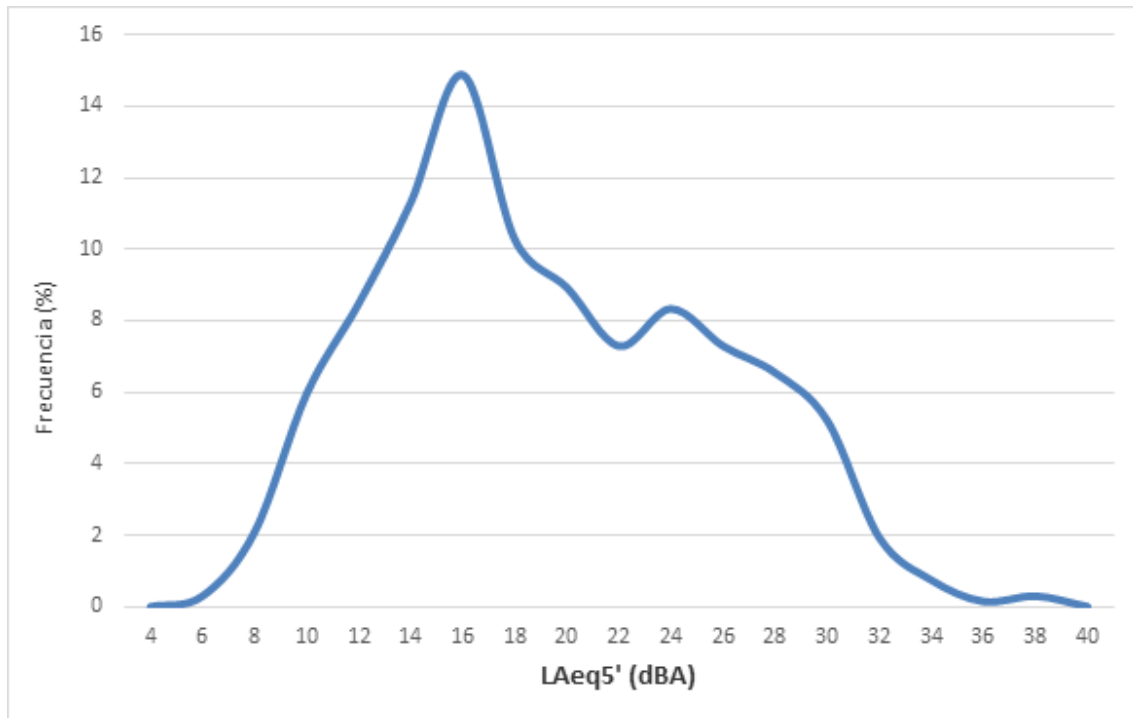


Figura 4.11. E-1(invierno): Diagrama de frecuencias en % (periodo noche)

En él se puede observar los dos máximos, el primero absoluto, a niveles de 15 dBA. Y el segundo relativo, a niveles de 24 dBA. Por tanto se puede afirmar que existen dos poblaciones de datos superpuestas, y por tanto dos fuentes de ruido perfectamente diferenciadas. La primera sería la correspondiente al ruido de fondo nocturno, que ampara el 62 % de los registros, los que están entre los 4 y 22 dBA. Mientras que la segunda representaría el ruido del tráfico de la c/ Avoceta, que la constituyen el el 38 % restante de los registros, los que están entre los 24 y 42 dBA. Por todo ello se puede afirmar; que la fuente dominante en las noches invernales, en las proximidades del punto de medida E-1, es el ruido nocturno de fondo. También se puede concluir, con todo lo anterior, que por la noche alrededor del edificio E-1 hay periodos prolongados de gran silencio, alterado únicamente por el tránsito de algunos vehículos que de forma esporádica circulan por la c/ Avoceta.

4.1.2. SEMANAL EN PUNTO E-3

Igualmente, con los datos recogidos en los 2016 registros de 5 minutos de la monitorización de una semana de la temporada invernal, desde el punto E-3, una vez tratados se han realizado las mismas gráficas que en el punto de medida E-1.

Así en la Figura 4.12, se han representado a lo largo de la semana, igual que se hizo en el punto de medida E-1, los valores de LAeq5' directamente medidos por el sonómetro, en este caso desde el lunes 26/11/2012 al domingo 02/12/2012, añadiéndosele también la línea de tendencia (en amarillo) del tipo media móvil de periodo 10.

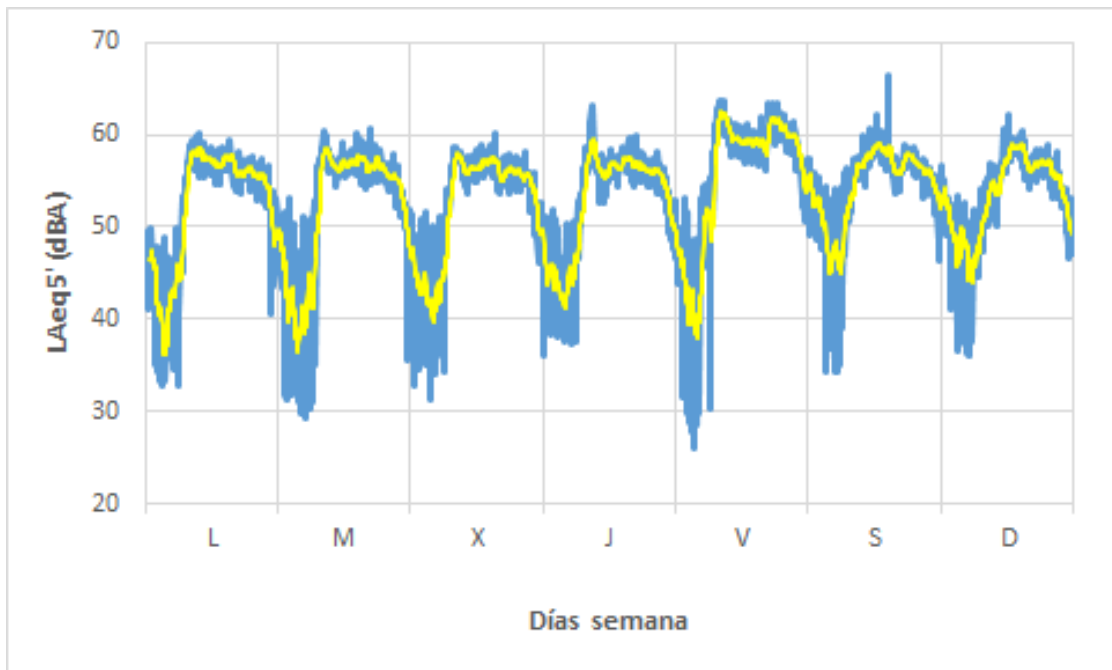


Figura 4.12. E-3: Registro semanal $L_{Aeq5'}$ (invierno)

Y cuyo resumen de datos estadísticos de la muestra representada en ella, se indican en la siguiente Tabla IV-2.

Índice	Semana global	Semana periodo día	Semana periodo tarde	Semana periodo noche
L_{AeqT}	56.0	57.7	56.2	49.3
$LA1$	62.2	63.0	62.2	56.6
$LA5$	60.0	61.0	60.0	54.2
$LA8$	59.2	60.0	59.2	53.2
$LA10$	58.9	59.6	58.9	52.9
$LA40$	56.3	57.4	56.3	48.7
$LA50$	55.6	57.0	55.6	47.5
$LA60$	54.3	56.6	54.3	46.0
$LA90$	44.6	54.6	44.6	35.8
$LA95$	39.0	53.4	39.0	33.2
$LA99$	31.7	50.1	31.7	29.7

Tabla IV-2. E-3: Resumen de valores de monitorización semanal (dBA) en invierno

De nuevo, tal como se vio en el punto de monitorización E-1, aquí en el E-3 las huellas sonoras diarias tienen también forma de U invertida, y también puede distinguirse una cierta similitud entre la forma de los días laborables de la semana, en dónde los lados de la U tienen formas rectas, muy con mucha pendiente, sobre

todo en su parte izquierda, mientras que las U correspondientes al fin de semana, esos lados son más curvos, y además tienen pendientes más suaves.

También cabría destacar que los valores menores de los registros de cinco minutos durante la noche, son del orden de los 30 dBA, es decir 20 dBA más elevados que si los comparamos con los 10 dBA que aparecían en el punto E-1, lo cual es razonable dado que este punto de monitorización está mucho más próximo a la carretera A-5052, y más alejado de la RNLP. Además, debe tenerse en cuenta que en este caso menos del 5 % de los registros puntuales nocturnos de 5', son los que están en esos niveles de los 30 dBA, mientras que el nivel equivalente del periodo de noche adopta valores de 49.3 dBA, también mucho más elevados que los que se presentaba en el punto de medida E-1. También se puede observar en la Figura 4.12, como por las noches el ruido fluctúa mucho, con una banda de oscilación que va desde los 30 a los 50 dBA, lo cual indicaría que hay una circulación menos continua de vehículos que durante el día y la tarde, alternándose momentos de silencio con momentos de ruido, cuando circulan vehículos de manera aislada.

En la Figura 4.13, mostrada a continuación, puede apreciarse el diagrama porcentual de frecuencias.

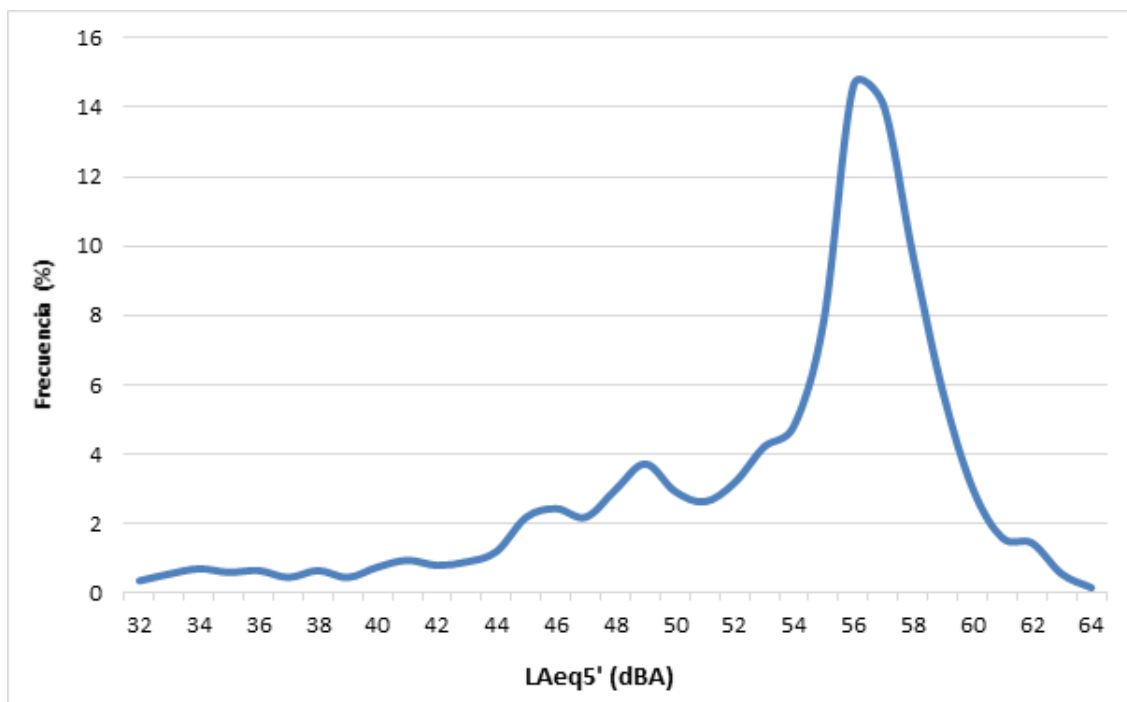


Figura 4.13. E-3 (invierno): Diagrama de frecuencias en %

Contrariamente a lo que ocurría en el punto E-1, aquí se observa una única distribución que se corresponde a altos niveles de ruido (el 78 % de las medidas, que están entre 51 y 64 dBA), y en este caso serían debidos fundamentalmente, al ruido del tráfico rodado de la carretera A-5052. Pero si se observa con atención se distingue un pequeño abultamiento en aproximadamente 34 dBA que se correspondería con el ruido de fondo nocturno, en él estarían los registros de 5 minutos que solamente han recogido durante ese tiempo de 5 minutos de medida,

eventos puramente silenciosos. Posteriormente se observa una zona de rampa escalonada que iría desde los 39 dBA a los 52 dBA, en ella estarían aquellos registros de 5 minutos que podrían denominarse “mixtos”, es decir que durante esos 5 minutos; tiempo de medida relativamente grande en relación al tiempo de duración de los eventos acústicos individuales, cuya duración suele ser inferior a 1 segundo; recogen tanto eventos silenciosos como otros más ruidosos, y según van aumentando estos últimos, el nivel equivalente del correspondiente registro también lo haría, de ahí su forma de rampa.

Calculando los niveles equivalentes de un día completo (L_{Aeq24h}), y representándolos éstos para cada uno de los días de la semana, se obtiene para este punto E-3 en invierno, la gráfica representada a continuación, en la Figura 4.14.

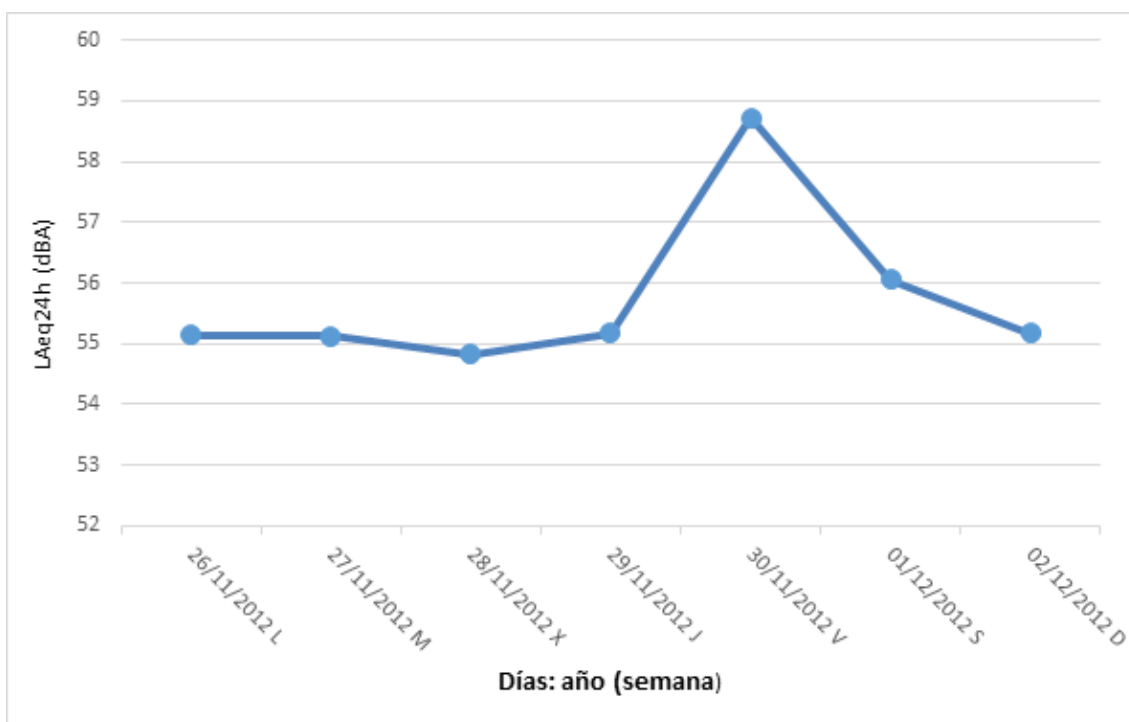


Figura 4.14. E-3 (invierno): L_{Aeq24h} a lo largo de la semana

En ella se observa como los valores semanales del L_{Aeq24h} entre el domingo y el jueves están estabilizados alrededor de los 55 dBA, excepto el viernes, que toma una subida brusca hasta los 58.9 dBA, para posteriormente volver a bajar el sábado a los 56 dBA y el domingo a los 55.1 dBA.

Analizados los datos registrados del viernes, se observa que no corresponde a un evento puntual, sino que durante toda la jornada los datos de las medidas $L_{Aeq5'}$ individuales están una media de unos 3 - 4 dBA por encima de los de cualquier otro día laboral de la semana. Por otro lado, se conoce, a través de los registros de diversas estaciones meteorológicas próximas a El Portil, de la Red de Servicio de Calidad Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio,

de la Junta de Andalucía; que durante el viernes 30/11/2012 estuvo lloviendo a lo largo de esta jornada, lo que puede observarse en la siguiente Figura 4.15, en la que se ha reflejado una comparación horaria a lo largo de la jornada, entre las precipitaciones registradas por la estación SIVA27 (situada en el barrio de La Orden, de Huelva capital), que es una de las más cercanas al Portil (~ 10 km), y los niveles LAeq5'.

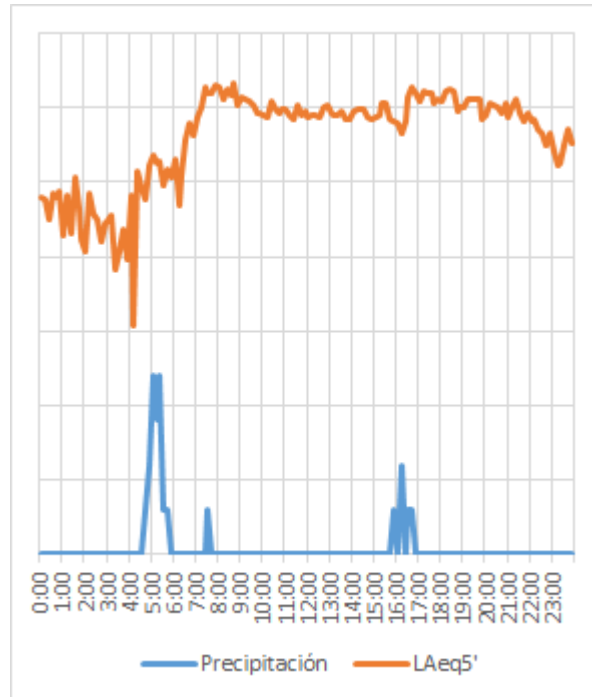


Figura 4.15. Comparación horaria entre precipitaciones y LAeq5' del día 30/11/2012

A la vista de ella, y aunque las precipitaciones de lluvia suelen tener un carácter muy local, se observa que hay bastante coincidencia horaria entre los picos de precipitación y los incrementos que sufre el LAeq5'. Por ello parece razonable suponer que esa lluvia fuese la responsable de que se incrementara el ruido del tráfico rodado durante dicha jornada. No solo por la propia caída de las gotas de lluvia, sino sobre todo por el contacto de los neumáticos con la carretera mojada, ruido este último que se mantiene mientras la carretera esté húmeda, independientemente de que la lluvia cese en algunos momentos.

Esto mismo puede corroborarse al observar la huella del viernes en la Figura 4.12, en la que se detecta que la altura de la meseta de la U invertida, es superior a la de cualquier otro día de la semana.

Por tanto, sin tener en cuenta esa anomalía del viernes, podría concluirse, que aunque el LAeq24h está estabilizado alrededor de los 55 dBA durante los primeros días, el sábado con los 56 A dBA, es el día de la semana con mayor nivel equivalente de ruido, tal como se observa en la Figura 4.14.

Por todo ello, igual que se hizo en el punto E-1, se han calculado las pendientes diarias de los niveles de ruido $L_{Aeq5'}$ medidos entre las 5:00 y 8:00 horas en cada uno de los días, o sea el ritmo al cual se incrementa el ruido a primera hora de la mañana, los cuales se reflejan en la gráfica de la Figura 4.16 para cada uno de los días de la semana.

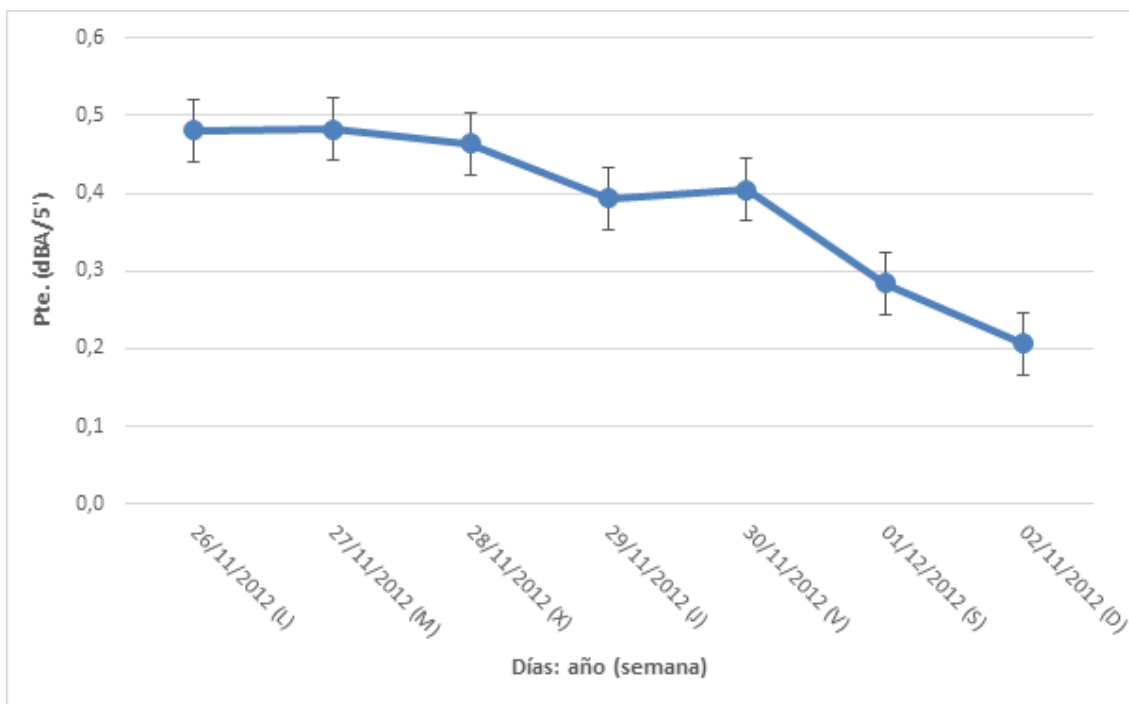


Figura 4.16. E-3 (invierno): Pendientes semanales entre 5:00 y 8:00 horas, con un nivel de confianza del 95 %.

En ella se aprecia como los cinco primeros días de la semana, es decir los días laborables, la pendiente se mantiene prácticamente con una media de: 0.444 ± 0.019 dBA/5' (equivalente a: 5.3 ± 0.2 dBA/h), pero los días no laborables (sábado y el domingo) la pendiente media de esos días disminuye hasta los: 0.245 ± 0.039 dBA/5' (equivalente a: 2.9 ± 0.5 dBA/h), ambas con un nivel de confianza del 95%. Es decir de nuevo ocurre como en el punto E-1, en este caso del punto E-3, que las pendientes de los días laborables son 1.8 veces superiores que las de los días no laborables.

La subida parcial del viernes pudiera estar asociada a la lluvia de esa jornada por los siguientes motivos: 1) Que conforme se va acumulando más agua en la carretera, el ruido generado por las ruedas, se va incrementando. 2) Que si la pluviometría aumenta a lo largo de esas horas (de 4:00 a 9:00 h), como indican los registros a los que se ha podido acceder, el nivel de ruido directamente generado por los neumáticos sobre el asfalto, también aumenta. 3) Que el hecho de llover, puede influir en la disposición de las personas a coger el coche, cuando si no hubiese llovido, no lo habrían hecho.

En la Figura 4.17, se han reflejado los niveles equivalentes 24 h, LC_{peak} (el mayor valor absoluto de la presión sonora instantánea desde el inicio de la medición con ponderación C), y diferentes índices estadísticos calculados con toda la serie de datos de 5 minutos, para E-3 en invierno a lo largo de una semana.

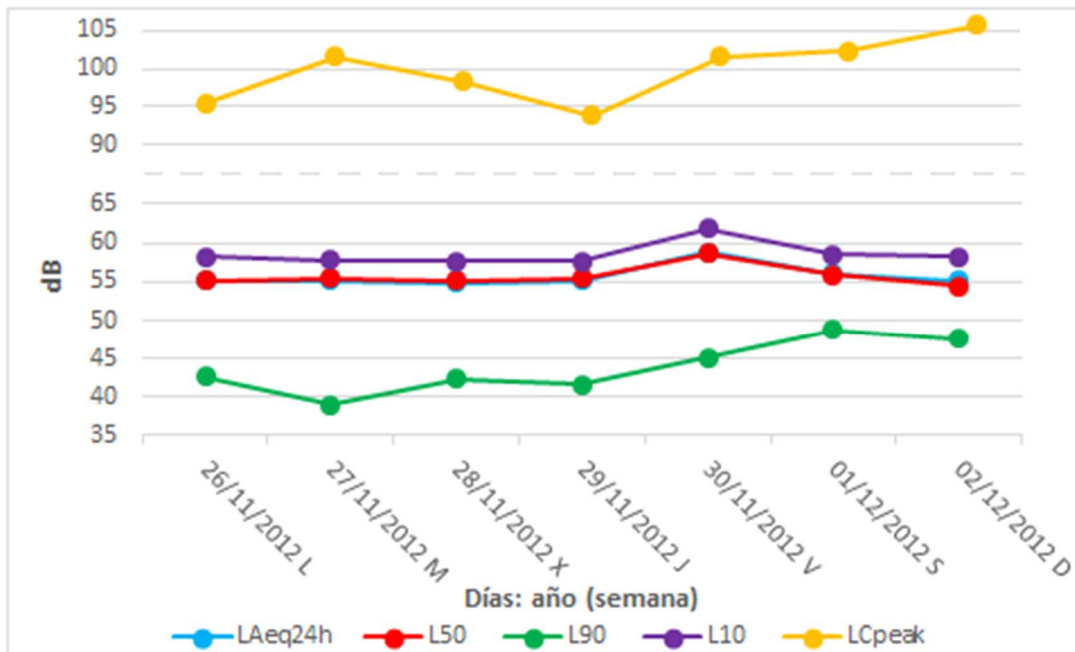


Figura 4.17. E-3 (invierno): Índices diarios de ruido a lo largo de la semana

De su análisis se desprende que los niveles de pico oscilaron entre los 95 dBA y los 106 dBA, correspondiéndole este último a la jornada dominical, y el anterior valor absoluto de 103 dBA a la jornada del sábado.

También se observa que el LA₁₀, que representa a los eventos más sonoros, permanece constante a lo largo de la semana alrededor de los 58 dBA, excepto el del viernes que se eleva a los 62 dBA, por el motivo ya apuntado de la lluvia.

Así mismo se distingue que los índices LA_{eq24h} y LA₅₀ coinciden totalmente a lo largo de la semana en un nivel de 55 dBA, excepto el viernes que ambos suben hasta los 58.7 dBA por el motivo de la lluvia. Mientras que el percentil LA₉₀ que representa al ruido de fondo permanece bastante estable alrededor de los 42 dBA durante la semana, a excepción del viernes que aumenta hasta los 45 dBA probablemente debido a la lluvia, y el sábado en que se eleva bruscamente hasta los 48.8 dBA, descendiendo el domingo a los 47.5 dBA.

Todo ello se puede analizar con más detalle en las siguientes Figuras 4.18, 4.19 y 4.20, en las que estos mismos índices se han desglosado durante los periodos de día (d), tarde (t) y noche (n) respectivamente.

Así si se observa la Figura 4.18, correspondiente a los índices semanales en el periodo de día.

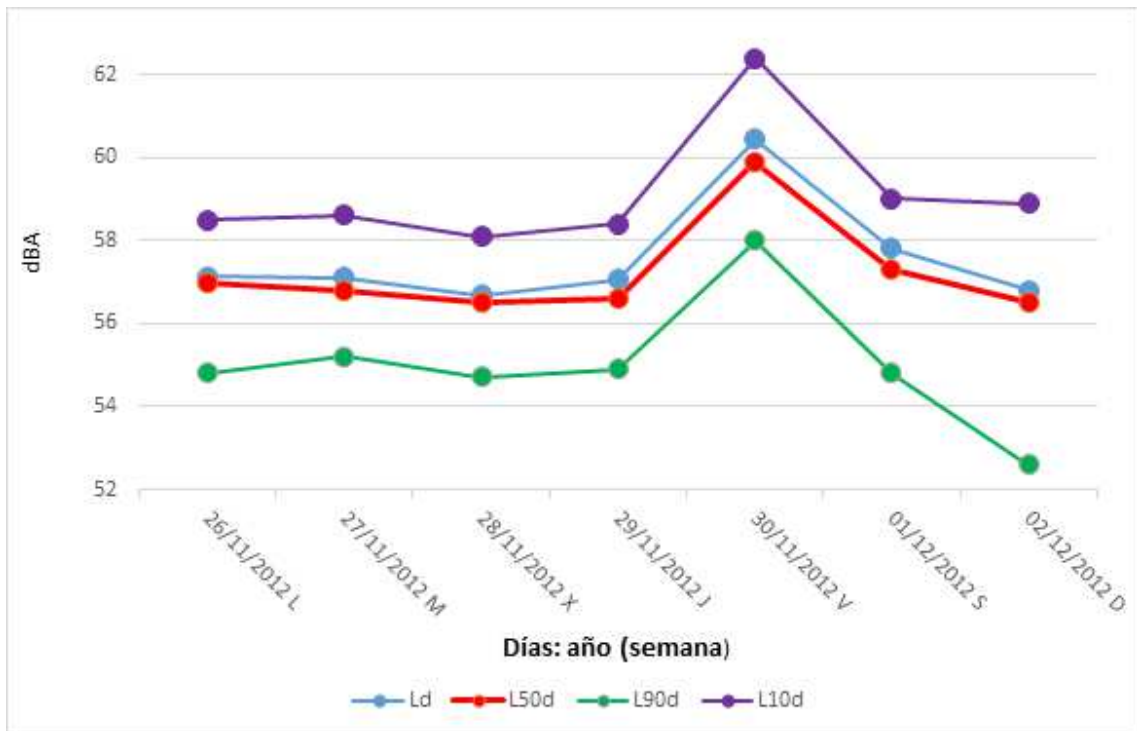


Figura 4.18. E-3 (invierno): Índices diarios de ruido a lo largo de la semana (periodo día)

Lo primero que se constata es que las cuatro curvas (Ld, L50d, L90d y L10d) son bastante paralelas entre sí.

En segundo lugar se observa que las curvas de L50d y de Ld prácticamente se confunden una con otra, existiendo una diferencia máxima entre ellas de apenas 0.2 dBA. Este hecho indica de nuevo, que en las proximidades del punto de monitorización E-3 en invierno, hay una única fuente de ruido, que coincidiría con el ruido del tráfico de la travesía de la carretera A-5052.

En tercer lugar cabe destacar que al contrario de lo que ocurría en el punto E-1, en el punto E-3 estas dos curvas permanecen bastante constantes a lo largo de la semana, excepto el viernes que todas ellas suben en la misma proporción (unos 3.5 dBA), y cuyo motivo de nuevo fue debido a la lluvia caída a lo largo de la jornada del viernes 30/11/2012.

En cuarto lugar, se puede observar cómo la gráfica del percentil L90d, que correspondería con el ruido de fondo durante el periodo de día, permanece bastante constante a lo largo de la semana, excepto el viernes en que sube, como le ocurre al resto de los índices motivado por la lluvia caída esa jornada, pero además se observa cómo el domingo disminuye unos 2 dBA. Es decir hay una tendencia a que disminuya los días no laborables.

En la siguiente Figura 4.19, con los índices semanales en periodo de tarde.

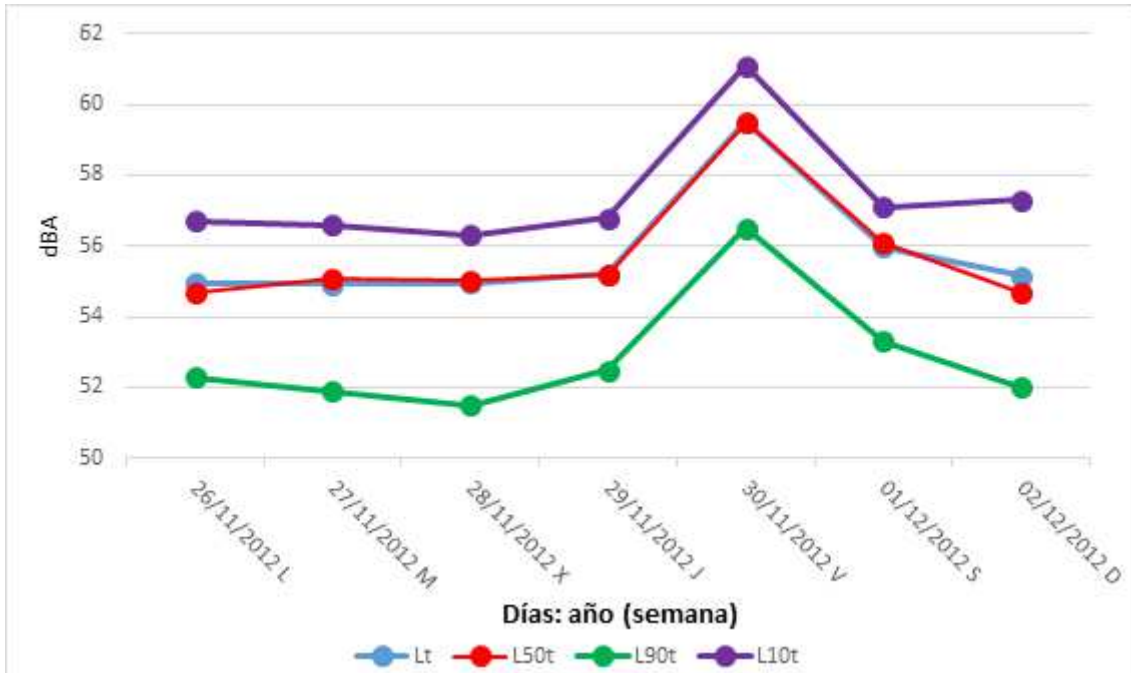


Figura 4.19. E-3 (invierno): Índices diarios ruido a lo largo de la semana (periodo tarde)

Se observa que es prácticamente un calco de la Figura 4.19 correspondiente a los índices semanales en periodo de día, por tanto podrían hacerse los mismos comentarios y sacar las mismas conclusiones que para ese periodo. Únicamente se debería destacar que en ella, todos los índices están disminuidos con respecto a la anterior en unos 2 dBA, pero en sus formas y diferencias relativas son prácticamente idénticos.

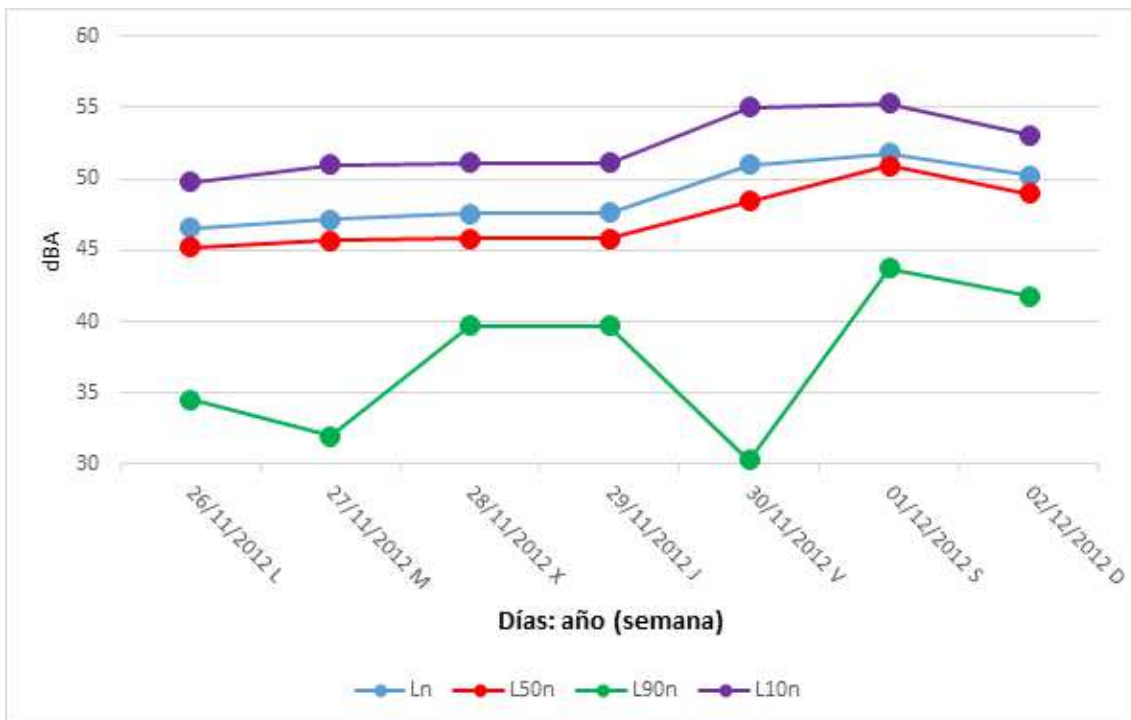


Figura 4.20. E-3 (invierno): Índices diarios ruido a lo largo de la semana (periodo noche)

Del análisis de la anterior Figura 4.20 se detecta que, contrariamente a lo que ocurre en los periodos de día y tarde, las curvas de L_n , L_{10n} , L_{50n} y L_{90n} van aumentando a lo largo de la semana, siendo máximas en este caso el sábado, para disminuir algo el domingo. También se observa que el ruido de fondo nocturno, que estaría representado por la curva de L_{90n} , aumenta unos 8 dBA en la noche del sábado, con respecto a la media de los días laborables, para descender en la del domingo aproximadamente unos 1.5 dBA. Es decir que en invierno, la mayor actividad sonora nocturna en la zona del punto E-3 a lo largo de la semana, se produce los sábados por la noche, igual como se detectó que ocurría en el punto E-1.

Así mismo, cabría destacar la mayor separación que en general existe entre las curvas de cada uno de los niveles, y en particular entre la de las curvas de L_n y L_{50n} , que en los periodos de día y tarde en que prácticamente coincidían. Pero esa separación aunque detectable (~ 1.5 dBA) es inferior a la existente en el punto de medida E-1 (~ 7 dBA), lo cual vendría a indicar que durante el periodo de noche, en las proximidades del punto E-3 y en la temporada invernal, hay una distribución de eventos sonoros distinta a la de los periodos de día y tarde en que estas curvas están más próximas, por tanto que existen dos fuentes de ruido diferenciadas, pero mucho menos diferenciadas que en el punto E-1. Esto ya se apreció en la Figura 4.13 donde se detectaba ese pequeño abultamiento a bajos niveles. Para analizar esta circunstancia en más detalle, se ha confeccionado el diagrama de frecuencias en % pero solamente para el periodo de noche, el cual se visualiza en la Figura 4.21.

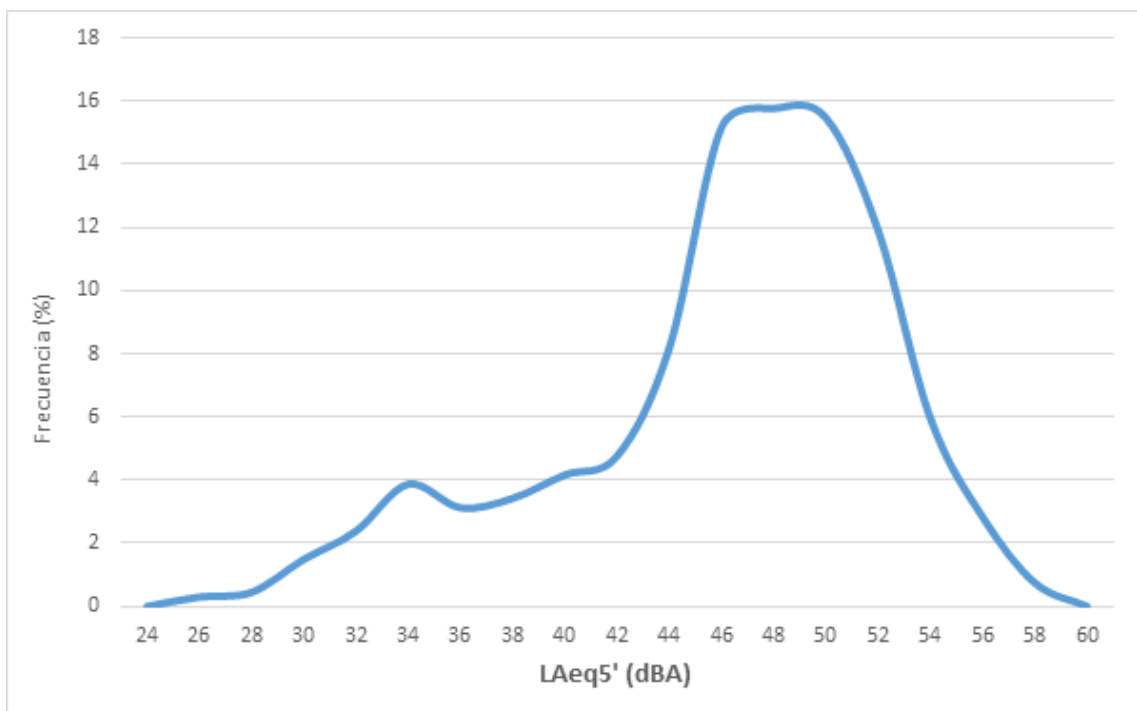


Figura 4.21. E-3 (invierno): Diagrama de frecuencias en % (periodo noche)

En ella se puede observar dos máximos, el primero a niveles de 34 dBA, y el segundo que es el absoluto, a niveles de 48 dBA. Por tanto se puede afirmar que existen dos poblaciones de datos superpuestas. La primera sería la correspondiente al ruido de fondo nocturno, el 19 % de los registros de 5 minutos, los que están entre los 24 y 40 dBA. Mientras que la segunda representaría el ruido del tráfico de la carretera A-5052, es decir el 81 % restante de los registros, los que están entre los 40 y 60 dBA. Con ello se puede afirmar; que las distribución dominante en las noches invernales, en las proximidades del edificio E-3, es el ruido del tráfico rodado de la carretera A-5052, en oposición a lo que ocurría en el punto de medida E-1, que el ruido dominante era el ruido nocturno de fondo.

Resulta también curioso observar en la Figura 4.20, como el ruido de fondo nocturno baja el viernes por la noche, precisamente el día en que llovió. Una posible hipótesis que podría explicar este hecho, es la menor presencia de personas en la calle como consecuencia de una amenaza de tiempo más desapacible debido a la lluvia; así como de animales más guarnecidos dentro de su propio hábitat por esta misma situación meteorológica.

4.1.3. MONITORIZACIONES DE 24 HORAS EN E-3 CON REGISTROS DE 1”

Adicionalmente a las anteriores monitorizaciones semanales realizadas con registros de 5 minutos, se realizó una monitorización de una jornada completa de un día laboral en temporada invernal, pero registrando la monitorización con medidas de un segundo, obteniéndose por tanto una muestra de 86400 registros.

Todo ello con la finalidad de tener un análisis con una mayor resolución temporal del ruido, en las inmediaciones del punto de monitorización E-3, que permitiera sacar muchos más detalles y conclusiones en dicho punto, ya que este es de los dos puntos de medida, el más afectado por la carretera A-5052,

La jornada laboral elegida para estas mediciones comenzó el martes 29/03/2011 y finalizó el miércoles 30/03/2011.

Así en la siguiente Figura 4.22 se han representado directamente y a lo largo de una jornada, los valores del nivel continuo equivalente de cada una de los 86400 registros de 1 segundo ($LA_{eq1"}$), recogidos por el sonómetro. Añadiéndoles, igual que se hizo en las de 5 minutos, la línea de tendencia del tipo media móvil de periodo 10, nuevamente con el único objeto de remarcar la huella sonora diaria y suavizar sus fluctuaciones, ya que además en este caso, al ser los registros 300 veces más pequeños que en las monitorizaciones semanales, las fluctuaciones son mucho mayores, y solamente se distinguiría una mancha de puntos.

En ella se observa que las oscilaciones de los registros tiene un ancho de banda de 45 dBA, que va de los 32 a los 77 dBA.

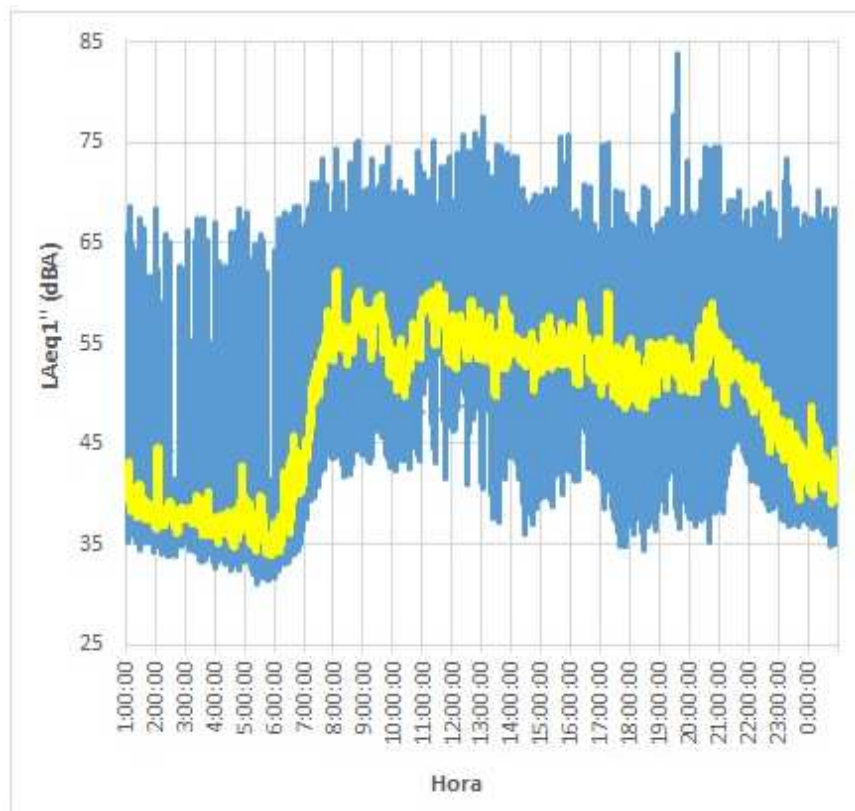


Figura 4.22. E-3: Registro de 24 h. LAeq1" (invierno)

También se vuelve a reproducir, con mucho más detalle, su forma de U invertida, con su lado izquierdo en forma de línea recta con una fuerte pendiente positiva, una meseta con mucha variación en función de la hora de la jornada, y un lado derecho con forma de recta, pero con una pendiente negativa mucho menos pronunciada que la anterior, es decir se vuelve a reproducir lo visto para los días laborables en las monitorizaciones semanales. Los principales índices, y parámetros de esta monitorización pueden observarse en la siguiente Tabla IV-3.

Índices	24 horas	Periodo de día	Periodo de tarde	Periodo de noche
LAeqT	57.1	58.9	57.9	48.8
LA1	66.9	67.9	67.1	62.8
LA5	63.6	64.5	64.1	53.6
LA8	62.3	63.5	63.0	49.5
LA10	61.6	62.9	62.3	47.0
LA40	52.8	56.8	54.1	38.4
LA50	49.7	54.9	51.8	37.6
LA60	46.2	53.0	49.32	37.0
LA90	36.2	45.7	42.2	34.8
LA95	35.0	43.4	40.9	34.3
LA99	33.5	34.9	39.0	33.5

Tabla IV-3. E-3: Resumen de valores de monitorización 24 horas (dBA) en invierno

Comparando los valores de esta tabla de monitorización de 24 horas y sus registros de 1 segundo, con los de la Tabla IV-2 que correspondían con los de la monitorización semanal con registros de 5 minutos, ambas para el punto de medida E-3 y temporada invernal, se observa como los valores globales (24 horas / semana), día y tarde son más elevados en la Tabla IV-3 que en la Tabla IV-2 hasta el percentil L40 (inclusive), pero a partir de éste hasta el L99 se invierte la tendencia y son más elevados los de la Tabla IV-2 que los de la Tabla IV-3. Ello está motivado porque en la monitorización de 24 horas, al ser los tiempos de medida de los registros, de 1 segundo, prácticamente se han medido los eventos puntuales con toda su energía acústica, mientras que en que en la monitorización semanal, al ser los tiempos de medida de los registros de 5 minutos, en ese periodo de tiempo los eventos más ruidosos que pudieran producirse se compensan con los menos ruidosos, dando un valor global al registro mucho más matizado. Evidentemente cuando analizamos los percentiles que miden los niveles de ruido más bajos (como por ejemplo el L90 ruido de fondo), ocurre el fenómeno contrario, es decir que las medidas de 1 segundo son más bajas que las de 5 minutos, ya que a estas últimas les da tiempo a incorporar algún evento ruidoso durante ese tiempo, elevando con ello el valor del registro. Esto último es lo que ocurre también globalmente durante el periodo de noche.

Así mismo, agrupando cada 1 dBA, las medidas de los niveles continuos equivalentes de 1 segundo de la jornada completa, se obtiene para este edificio el diagrama de frecuencias en %, tal como se aprecia en la siguiente Figura 4.23.

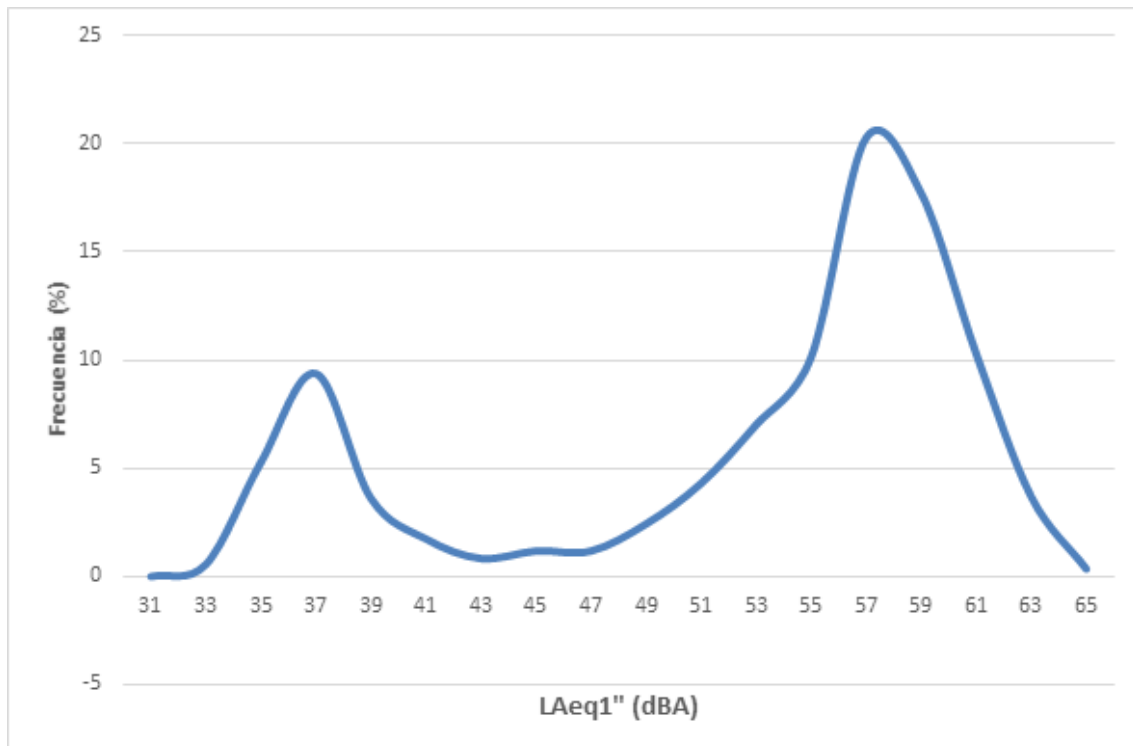


Figura 4.23. E-3 (invierno): Diagrama de frecuencias % en una jornada laboral, monitoreada con registros de 1''

En ella se aprecia un máximo relativo a un nivel de 37 dBA y un máximo absoluto a niveles de 57 dBA, es decir que tenemos dos distribuciones que se corresponderían

con dos fuentes de ruido. La primera de ellas con el 23 % de las medidas de un segundo representaría al ruido nocturno de fondo, y la segunda con el 77 % restante a niveles más altos, representaría al ruido generado por el tráfico rodado de la carretera A-5052.

Si comparamos este diagrama de frecuencias con el de la Figura 4.13, se observa que son parecidos en cuanto a la distribución correspondiente al ruido del tráfico de la carretera A-5052, ya que en ambas el nivel máximo se produce a los 57 dBA, y tiene una ocupación del 77-78 %. Por el contrario las distribuciones del ruido de fondo son mucho menos parecidas, ya que en la correspondiente a la monitorización semanal con registros de 5 minutos, la curva está apenas insinuada alrededor de los 36 dBA, mientras que en esta monitorización de 24 horas con registros de 1 segundo, la curva está mucho más marcada en los 37 dBA. Pero debe tenerse en cuenta, como se ha indicado anteriormente, que los registros de 5' suavizan mucho más las medidas que los registros de 1 segundo, en que la duración del registro se aproxima más a la duración del evento sonoro, y por tanto los registros correspondientes a los niveles más bajos están más "contaminados" (afectados) que los de los niveles más altos.

Ahora además la rampa de registros mixtos prácticamente ha desaparecido, pues mientras en la Figura 4.13 abarcaba desde los 39 a 52 dBA, en esta Figura 4.23 apenas se extiende entre los 47 y 50 dBA. Ello es razonable teniendo en cuenta que en un intervalo de medida de 1 segundo de duración, la probabilidad de que se produzcan más de un evento sonoro, sumándose uno de bajo nivel con otro de mayor nivel, es mucho más baja que cuando los registros eran de 5 minutos.

Además no debe olvidarse que mientras esta última monitorización es de una sola jornada laboral, la primera es para toda una semana, es decir intervienen también los días no laborables, y como se verá más adelante en el punto 4.4.2., en estos últimos predominan mucho más los niveles más altos.

También se ha calculado la pendiente de este día entre las 5:00 y 8:00 horas, obteniéndose un valor de: 0.552 ± 0.079 dBA/5' (equivalente a: 6.6 ± 0.9 dBA/h), que es comparable con los valores obtenidos para los días laborables en la monitorización semanal que fue de: 5.3 ± 0.2 dBA/h, tal como se pudo apreciar en la Figura 4.16.

Así mismo, igual a como se ha realizado en las monitorizaciones semanales, en la Figura 4.24 se han representado los índices de ruido más característicos de esta monitorización de 24 horas, es decir: L_{Aeq1h} , L_{10} , L_{50} , y L_{90} , pero en este caso a lo largo de cada una de las respectivas 24 horas de la jornada de medición.

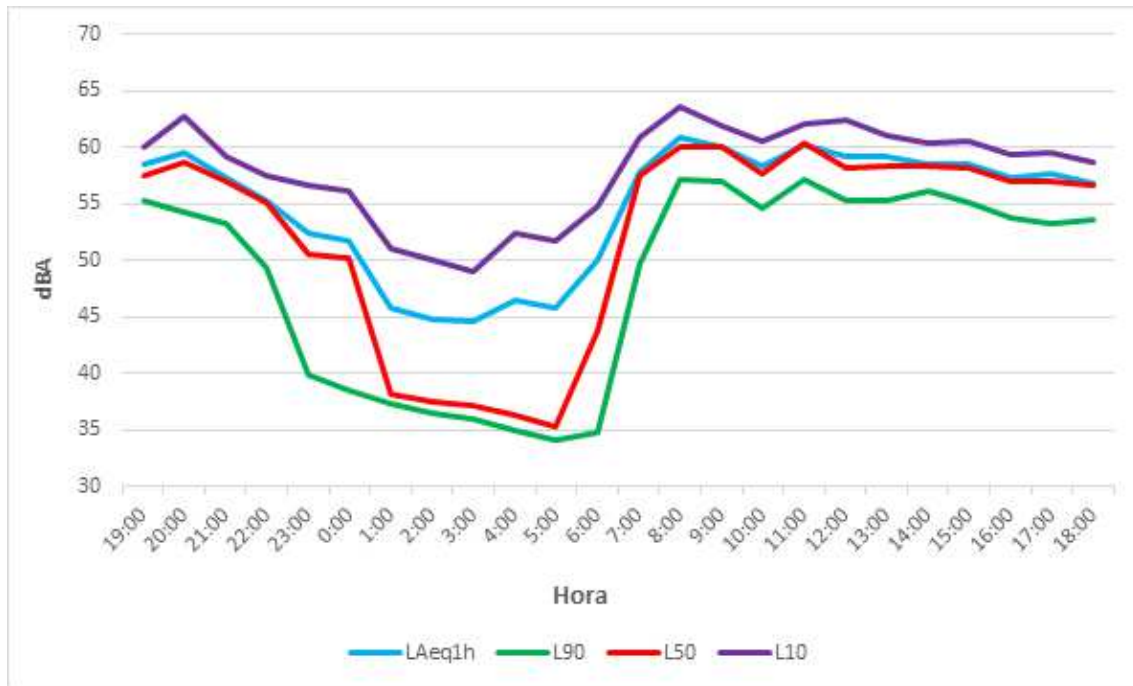


Figura 4.24. E-3 (invierno): Índices de 24 horas

En ella se observa que el percentil L10, que representa a los eventos más sonoros durante toda la jornada, tiene un máximo a las 8:30 h con un valor de 64 dBA, para descender suavemente hasta los 60 dBA de las 19:00 h. A las 20:00 h se produce otro máximo con un valor de 63 dBA, y a partir de esa hora desciende hasta los 51 dBA a la 1:00 h, manteniendo unos valores bajos durante toda la noche hasta las 3:00 h. en que de nuevo comienza a subir progresivamente hasta las 8:00h. Su patrón y comportamiento temporal es muy similar al de LAeq1h, con máximos y mínimos relativos en los mismos momentos.

También se aprecia que el nivel continuo equivalente LAeq1h y el L50 se superponen prácticamente durante los periodos de día y tarde (entre las 7:00 y 23:00 h) manteniendo ambos unos valores que oscilan entre los 55 y 60 dBA, mientras que durante el periodo de noche (entre las 23:00 y 7:00 h) estos dos índices se separan hasta más de 10 dBA.

Así mismo, se distingue que la gráfica del percentil L90, que representa el ruido nocturno de fondo, presenta prácticamente un plató entre las 0:00 h (38 dBA) y las 6:00 h (35 dBA). Ello da idea del silencio que se produce durante las noches invernales de una jornada laboral, tanto por el nivel de ese silencio, como por lo prolongado que es a lo largo de las mismas.

A través de todas estas gráficas se puede observar cómo la mayor actividad sonora se produce alrededor de las 8:00 h, y la mínima a las 3:00 h.

Con el fin de analizar más en detalle, la situación acústica del periodo de día, en la siguiente Figura 4.25, se representa el diagrama porcentual de dicho periodo.

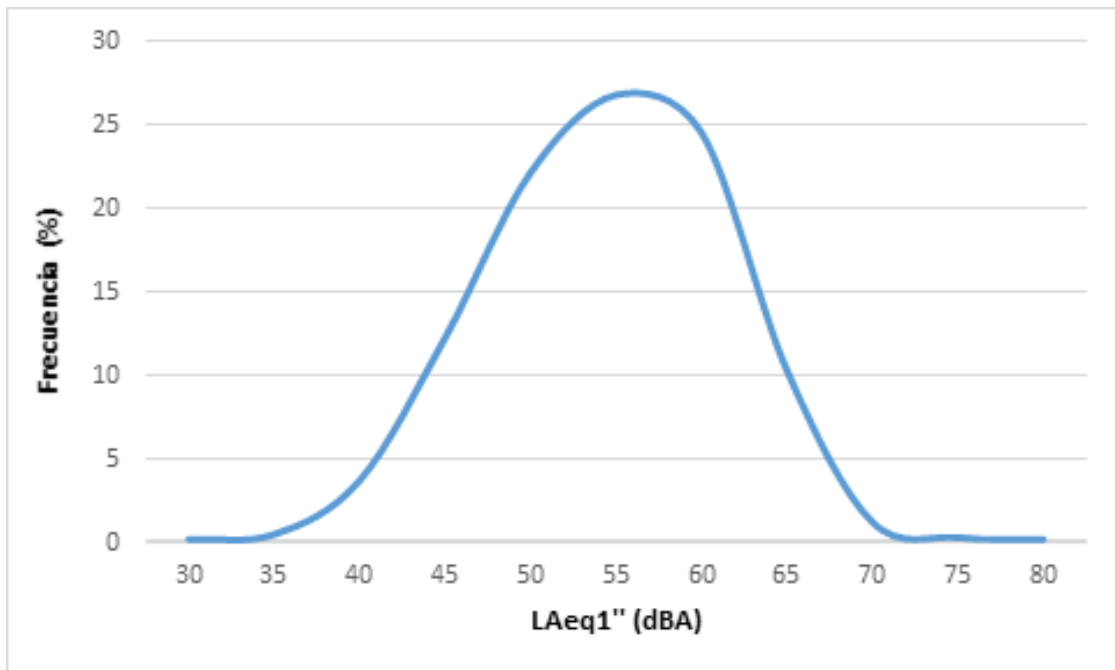


Figura 4.25. E-3 (invierno): Diagrama de frecuencias % periodo día, en una jornada laboral, monitoreada con registros de 1''

En ella se observa una única distribución, que correspondería por tanto con una única fuente de ruido. Esta distribución tiene su máximo centrado en los 57 dBA, y se correspondería con el ruido del tráfico rodado de la carretera A-5052.

En la siguiente Figura 4.26, se ha representado el diagrama porcentual del periodo tarde.

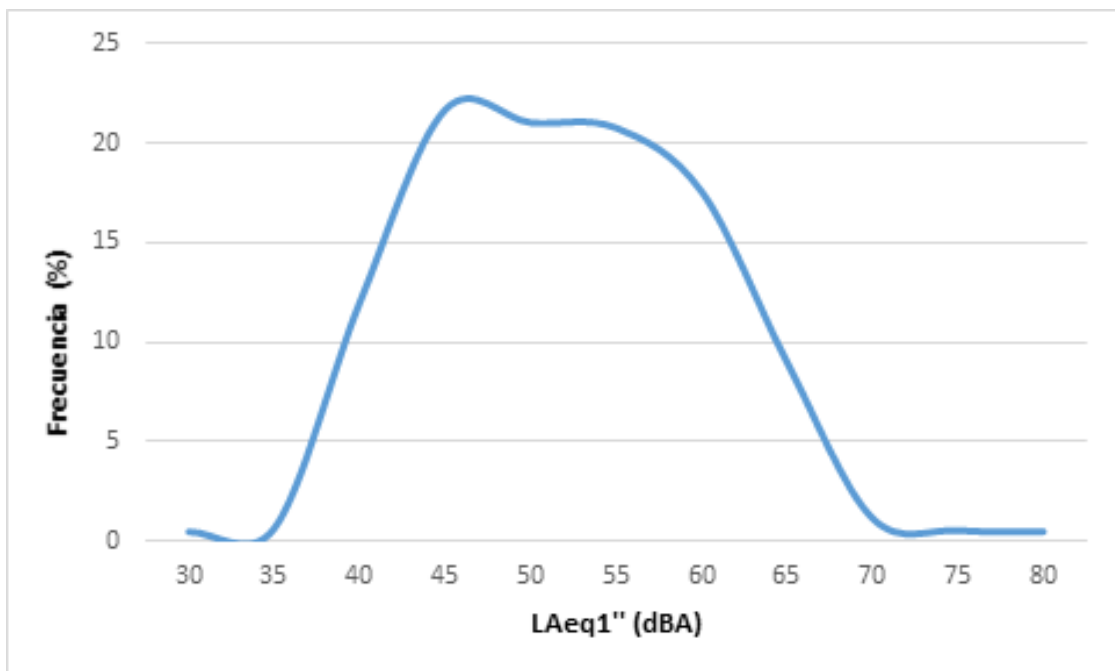


Figura 4.26. E-3 (invierno): Diagrama de frecuencias % periodo tarde, en una jornada laboral, monitoreada con registros de 1''

En él cabe destacar que existen dos distribuciones, aunque muy solapadas. La primera de ellas centrada en los 45 dBA, abarcando el 43 % de los registros de 1 segundo, y que correspondería con el ruido de fondo de dicho periodo. Y la segunda centrada en los 57 dBA, abarcando el 57 % restante de los registros, y que se correspondería con el ruido del tráfico rodado de la carretera A-5052.

Por último en la Figura 4.27, se ha representado el diagrama porcentual de frecuencias para el periodo de noche.

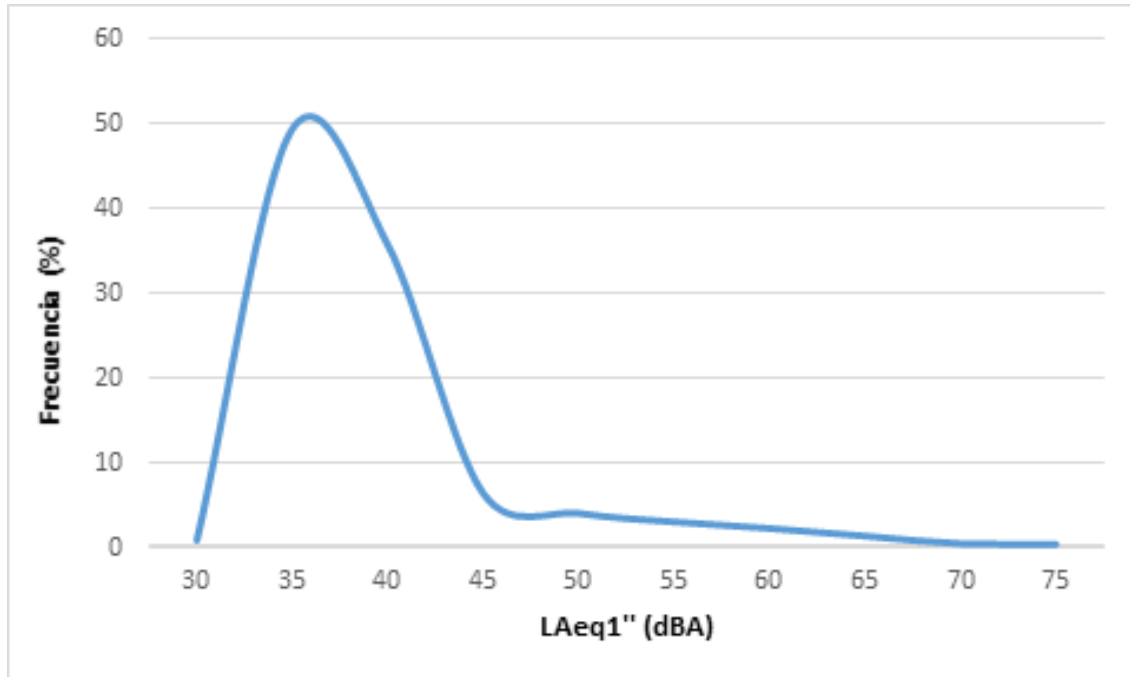


Figura 4.27. E-3 (invierno): Diagrama de frecuencias % periodo noche, en una jornada laboral, monitoreada con registros de 1''

En él se observa una distribución dominante, centrada en los 36 dBA, y con el 91% de los registros, que corresponde al fondo nocturno. Y también, aunque muy tenuemente, se aprecia otra distribución centrada en los 50 dBA, con solo el 9 % de los registros, que representaría al ruido del tráfico rodado de la carretera A-5052.

4.2. MONITORIZACIONES EN VERANO

Igual que en la temporada invernal, los resultados de las monitorizaciones en la temporada estival se van a subdividir en dos, las monitorizaciones semanales correspondientes a los edificios E-1 (el más alejado de la carretera A-5052 y más próximo a la c/ Avoceta) y el E-3 (el más cercano a la carretera A-5052); y las monitorización de 24 horas, obtenida también en el edificio E-3, pero solamente durante una jornada laboral.

4.2.1. SEMANAL EN EL PUNTO E-1

Con los datos recogidos en los 2016 registros de 5 minutos de la monitorización continua de una semana de la temporada estival, desde el punto E-1, una vez tratados se han realizado el mismo proceso que en la temporada invernal.

Así en la siguiente Figura 4.28, se han plasmado directamente a lo largo de la semana, desde el momento en que se inició la medición, los valores del nivel continuo equivalente de cada una de los 2016 registros de 5 minutos ($LA_{eq5'}$) y también se le ha añadido la línea de tendencia (en amarillo) del tipo media móvil de periodo 10.

Conviene remarcar que durante la semana de monitorización: desde el domingo 12/08/2012 al sábado 18/08/2012, existieron tres días no laborables, ya que además del sábado y domingo, el miércoles 15/08/2012 fue día festivo en todo el territorio nacional.

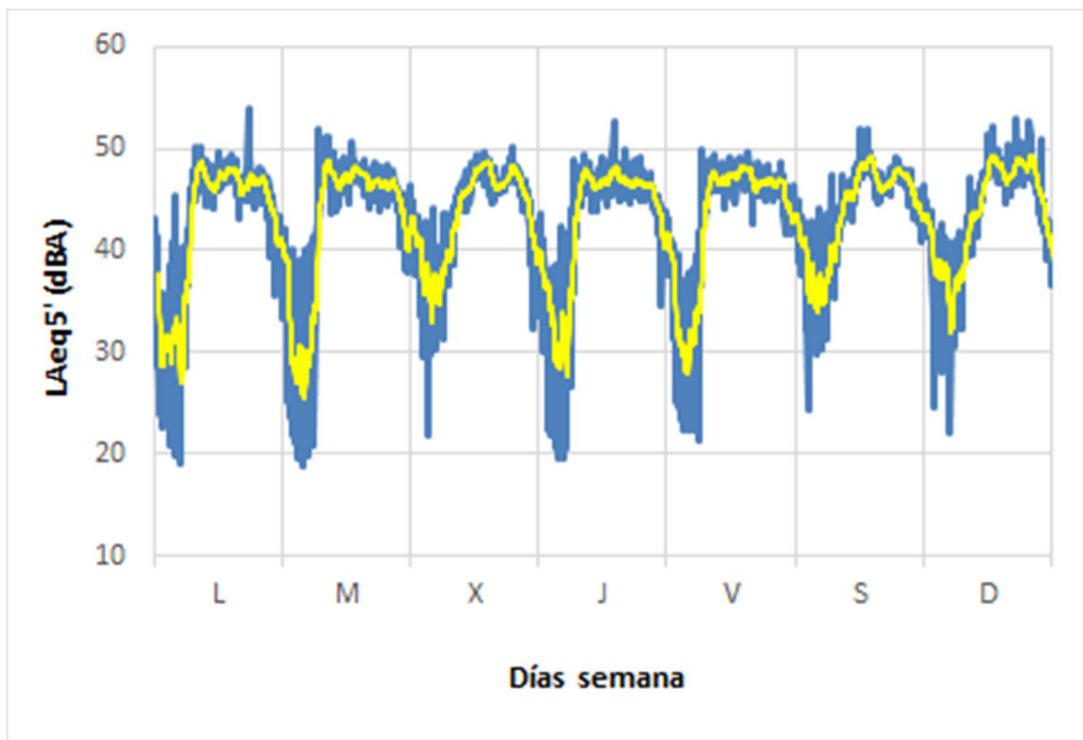


Figura 4.28. E-1: Registro semanal $LA_{eq5'}$ (verano)

De la observación de la Figura 4.28, pueden apreciarse las huellas sonoras de cada uno de los días de la semana para el punto E-1, pero ahora en temporada estival, todas ellas de nuevo con forma de U invertida. Observándose así mismo la similitud entre sí en las formas de los días laborables de la semana, y por otro las de los días no laborables. En los primeros los lados de la U tienen trazados con mucha pendiente, sobre todo la del lado izquierdo. Y en los segundos, miércoles sábado y

domingo es este caso, en que las U de estos días, sus lados tiene formas mucho más curvadas.

Todo ello puede verse con más detalle en la siguiente Tabla IV-4, con el resumen de los valores de la monitorización en verano, desde el punto E-1.

Índice	Semana global	Semana periodo día	Semana periodo tarde	Semana periodo noche
LAeqT	45.5	47.1	46.1	39.4
LA1	50.1	50.9	50.6	46.1
LA5	48.8	49.1	48.2	43.6
LA8	48.4	48.8	48.0	43.1
LA10	48.2	48.7	47.8	42.8
LA40	46.3	47.3	46.4	38.9
LA50	45.5	46.9	45.9	37.6
LA60	44.0	46.6	45.4	36.2
LA90	34.6	44.4	42.6	24.3
LA95	30.3	42.9	41.3	21.7
LA99	20.6	39.0	38.6	19.6

Tabla IV-4. E-1: Resumen de valores de monitorización semanal (dBA) en verano

Del análisis de la Figura 4.28 y de la Tabla IV-4, lo primero que se detecta, es que en el punto E-1 el registro sonoro de los valores de LAeq5' ahora en verano, se mueve aproximadamente entre los 20 y 50 dBA frente a los 10 y 40 dBA del invierno, es decir que se han incrementado en un orden de magnitud de 10 dBA, o lo que es lo mismo, que la potencia acústica en verano es alrededor de 10 veces superior a la del invierno.

Es de destacar de esta gráfica como en esta temporada estival, en contraposición a lo que ocurría en la temporada invernal, los registros individuales durante las noches están por encima de los 20 dBA, teniendo un nivel equivalente del periodo noche durante toda la semana de 39,4 dBA, es decir casi 15 dBA superior al nivel equivalente del periodo noche de la temporada invernal, lo cual vendría a indicar que la potencia acústica nocturna en verano es más de 30 veces superior a la del invierno.

Otro hecho diferencial es que ahora no se observan picos tan marcados en la gráfica como ocurría en la del invierno, ello se debe a que al ser más elevado el ambiente acústico, los eventos puntuales no destacan tanto como ocurría en invierno.

Es también significativo como al ser el miércoles día festivo, la huella sonora en forma de U es similar a la de los otros días no laborables, es decir el sábado y el domingo.

Otra circunstancia relevante al analizar tanto la Figura 4.28 como la Tabla IV-4 es, que ahora durante los periodos de día y tarde la diferencia entre el LAeqT y el LA50 es solo de unas pocas décimas, mientras que en el periodo de noche es de 2 dBA.

Ello indicaría que en los periodos de día y tarde hay menos alternancia entre los eventos sonoros de alto nivel acústico, y los eventos sonoros de bajo nivel acústico, mientras que durante la noche esa alternancia es mucho mayor. Ello se traduce en la gráfica, en una banda azul estrecha en las horas diurnas y en una banda azul mucho más ancha en las nocturnas.

Con todos los registros con los que se ha confeccionado el diagrama porcentual de frecuencias, agrupándolos de nuevo cada 1 dBA, tal como se aprecia en la siguiente Figura 4.29.

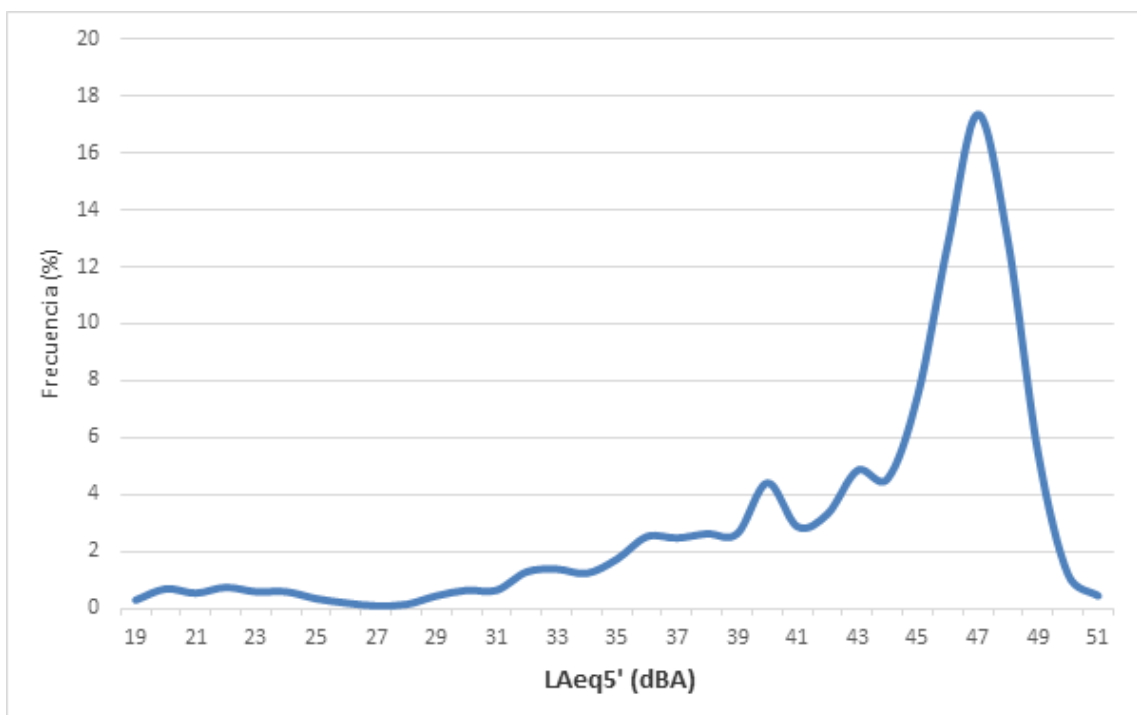


Figura 4.29. E-1 (verano): Diagrama de frecuencias en %

En una primera observación a la forma de este diagrama semanal de frecuencias correspondiente al punto E-1 en verano, prácticamente solo se detecta una única distribución, que correspondería a una única fuente de ruido, en este caso al tráfico rodado de la calle Avoceta, y a la posible influencia del de la carretera A-5052. Pero observándola más en detalle, se percibe un leve abultamiento centrado aproximadamente a niveles de 22 dBA, que correspondería al ruido de fondo natural, además de una distribución en forma de rampa, un tanto escalonada, que va desde los 29 a los 43 dBA. Rampa que estaría constituida por aquellos registros de 5 minutos, que podrían denominarse mixtos, en que los eventos más silenciosos han sido “contaminados” con eventos ruidosos, tomando cada uno de ellos un LAeq5' de valores intermedios. De ahí su forma en rampa según van aumentando progresivamente el número de eventos ruidosos dentro de cada uno de los 5 minutos

del tiempo de medida. Esta rampa deja enmascarada dentro de ella la distribución correspondiente al LA90 (34.6 dBA).

Además puede observarse como la distribución de la fuente principal de ruido está desplazada hacia valores mucho más elevados, ya que mientras en invierno estaba centrada en los 32 dBA, ahora en verano está centrada en los 47 dBA

Calculando los niveles equivalentes de un día completo (LAeq24h), y trasladando éstos a lo largo de la semana, se obtiene para dicho punto E-1 en verano, la Figura 4.30 representada a continuación.

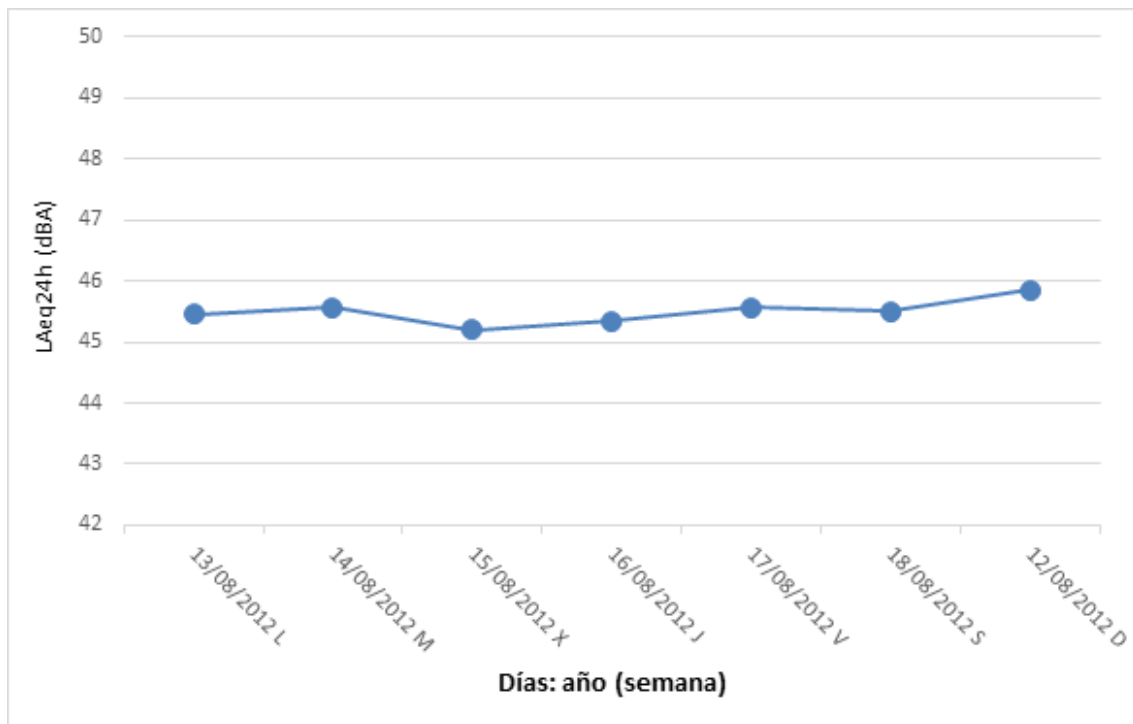


Figura 4.30. E-1 (verano): LAeq24h a lo largo de la semana

En ella puede observarse que aunque la gráfica del LAeq24h es bastante plana a lo largo de la semana (alrededor de los 45.4 dBA), y prácticamente coincide ese valor con el LAeq1semana como puede apreciarse en la Tabla VII, aumenta hasta los 45.8 dBA en el domingo, y aunque esa diferencia no es muy significativa, si es sintomática ya que la tendencia es contraria a lo que ocurría en invierno, tanto en el punto E-1 como en el punto E-3, en que aparecían tendencias de disminución hacia el fin de semana.

Siguiendo el mismo protocolo de análisis que ya se hizo en la temporada invernal se han calculado las pendientes diarias de los niveles de ruido LAeq5' medidos entre las 5:00 y 8:00 horas, las cuales darán nuevamente información sobre la "aceleración sonora constante" que se produce en cada uno de los días, y cuyos valores se reflejan en la gráfica de la Figura 4.31 a lo largo de la semana de monitorización.

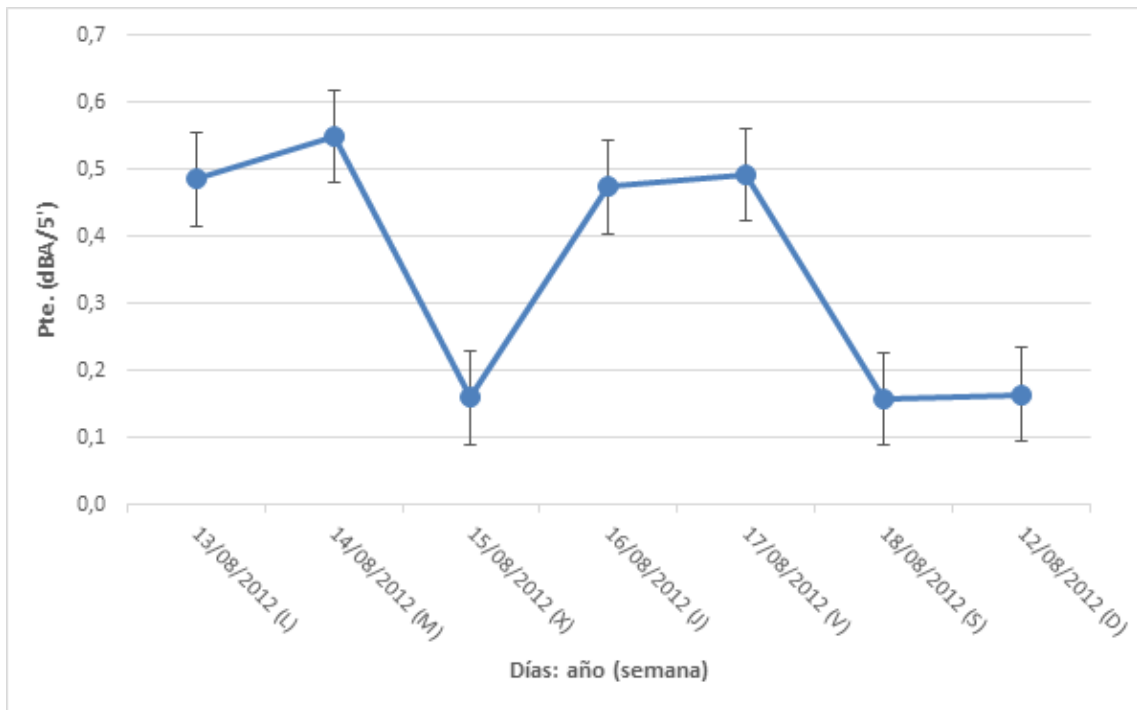


Figura 4.31. E-1 (verano): Pendientes semanales entre 5:00 y 8:00 horas, con un nivel de confianza del 95 %.

Gráfica que ya corrobora de manera fehaciente lo observado anteriormente en las gráficas equivalentes de la temporada invernal, y es el hecho de que las pendientes en los días laborables son mucho más pronunciadas que las de los días no laborables. En este caso del punto E-1 y en verano, la pendiente media de los días laborables (lunes, martes, jueves y viernes) es de: 0.500 ± 0.016 dBA/5' (equivalente a: 6.0 ± 0.2 dBA/h), y la de los días no laborables (miércoles, sábado y domingo) es de: 0.161 ± 0.010 dBA/5' (equivalente a: 1.9 ± 0.1 dBA/h), ambas con un nivel de confianza del 95%, e indicando que estas diferencias son estadísticamente significativas.

En este caso además al ser el miércoles festivo, se observa de nuevo la misma tendencia que los fines de semana, pero en este caso en un día festivo en medio de la semana, lo cual permite afirmar que esas diferencias en el patrón de comportamiento son generales entre día laboral y día festivo. Y además en este caso de la temporada estival, ese factor es también superior que en la invernal en 3.1 veces, frente a los 1.6 de la temporada invernal para el mismo punto E-1. Así, se puede concluir que el patrón evolutivo temporal del ruido a lo largo de un día completo es característico y distinto para los días laborables y festivos, pudiéndose además caracterizar ese patrón con parámetros específicos, como lo ha sido la pendiente de subida del ruido durante la primera hora de la mañana (entre las 5:00 y 8:00 h) del día en estudio.

Así mismo, en la Figura 4.32 se han representado los índices de ruido más característicos de cada día de la semana (L_{eq24h} , L_{50} , etc.) igual que se hizo en la temporada invernal.

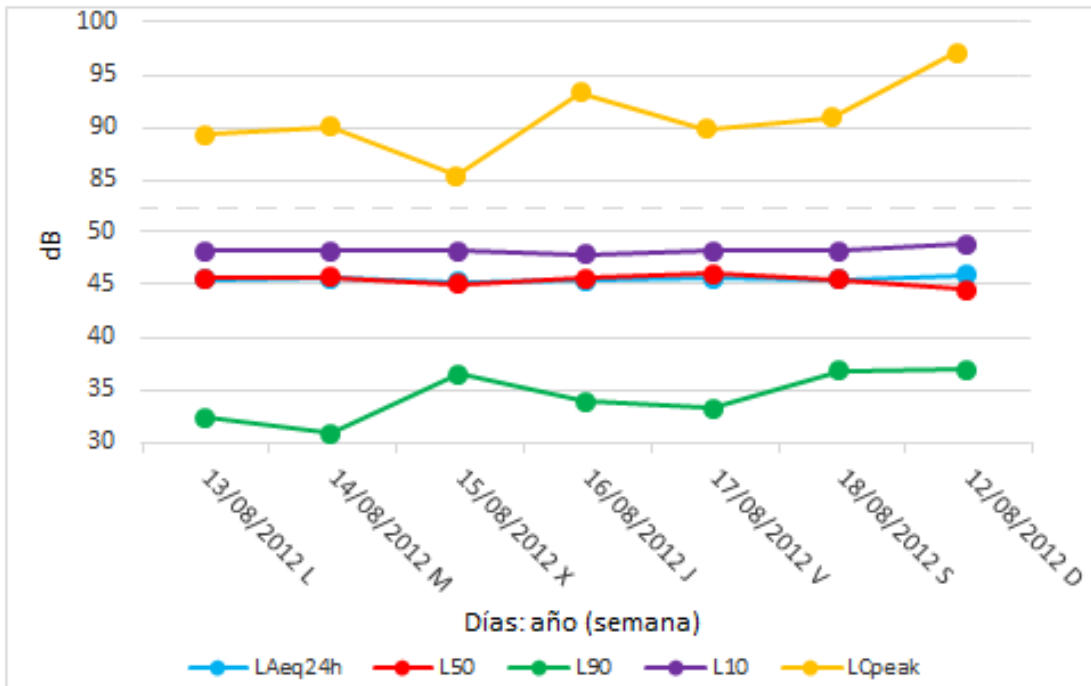


Figura 4.32. E-1 (verano): Índices diarios ruido a lo largo de la semana

Analizando esta figura se observa que los niveles de pico LC_{peak} oscilaron entre los 85 dBA y los 97 dBA, correspondiéndole este último a la jornada dominical.

También se observa que el L_{10} , que representa la media de las medidas más sonoras, permanece constante a lo largo de la semana alrededor de los 48.1 dBA, incrementándose el domingo hasta los 48.9 dBA.

Así mismo se aprecia que los índices LA_{eq24h} y L_{50} coinciden totalmente a lo largo de la semana en un nivel muy próximo a los 45 dBA. Lo cual estaría indicando de la presencia de una única fuente de ruido.

También se aprecia, que el percentil L_{90} que representa al ruido de fondo, permanece bastante estable alrededor de los 33.5 dBA los días laborables, para incrementarse hasta 37 dBA los días no laborables (miércoles, sábado y domingo).

Todo ello se puede analizar con más detalle en las siguientes Figuras 4.33, 4.34 y 4.35, en las que estos mismos índices se han desglosado para los periodos de día (d), tarde (t) y noche (n) respectivamente.

Así si se analiza la Figura 4.33, correspondiente a los índices semanales en el periodo de día.

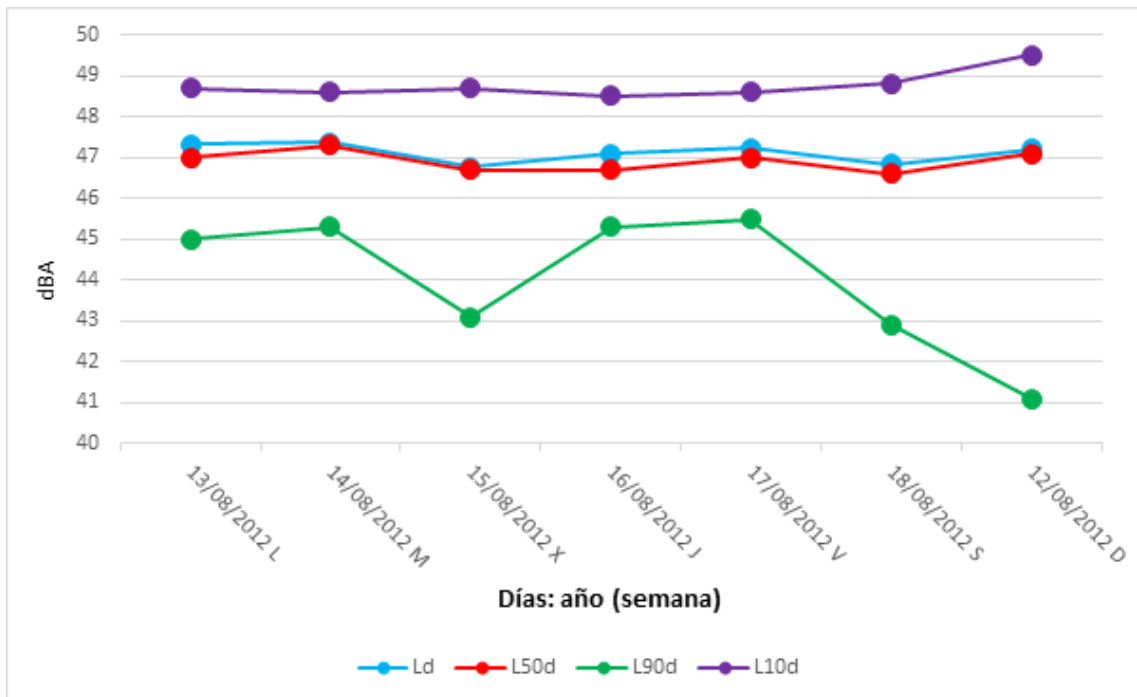


Figura 52. E-1 (verano): Índices diarios ruido a lo largo de la semana (periodo día)

En ella se observa que el percentil L10d, que representa a los eventos más sonoros durante el periodo de día, permanece constante a lo largo de la semana en los 48.7 dBA, sufriendo solo un pequeño incremento el domingo, hasta los 49.5 dBA, es decir menos de 1 dBA.

Así mismo se puede apreciar que el nivel continuo equivalente Ld y el percentil L50d prácticamente se superponen, y además están estabilizados ambos en los 47 dBA a lo largo de la semana. Este hecho viene a indicar que en las proximidades del punto E-1 en verano y en periodo de día, hay una única fuente de ruido, que coincidiría con el tráfico rodado de la calle Avoceta, y la influencia del de la travesía de la carretera A-5052. Pero además igual a lo que ocurría en la temporada invernal, se producen leves disminuciones en ambos índices el sábado y el día festivo, del orden de 0.4 dBA, volviendo a crecer el domingo hasta el valor de los 47 dBA de los días laborables.

También se puede observar que el percentil L90d toma valores estables los días laborables en un nivel de 45 dBA, bajando el miércoles (festivo) y el sábado a 43 dBA, y el domingo baja más aún, hasta los 41 dBA. Esto quiere decir que en verano igual que ocurría en invierno, tanto en el punto E-1 como en el E-3, el ruido de fondo en el periodo de día disminuye los días festivos, siguiendo una tendencia contraria a la de los percentiles L10d y L50d.

Pasando ahora a analizar la siguiente Figura 4.34, con los índices semanales en periodo de tarde.

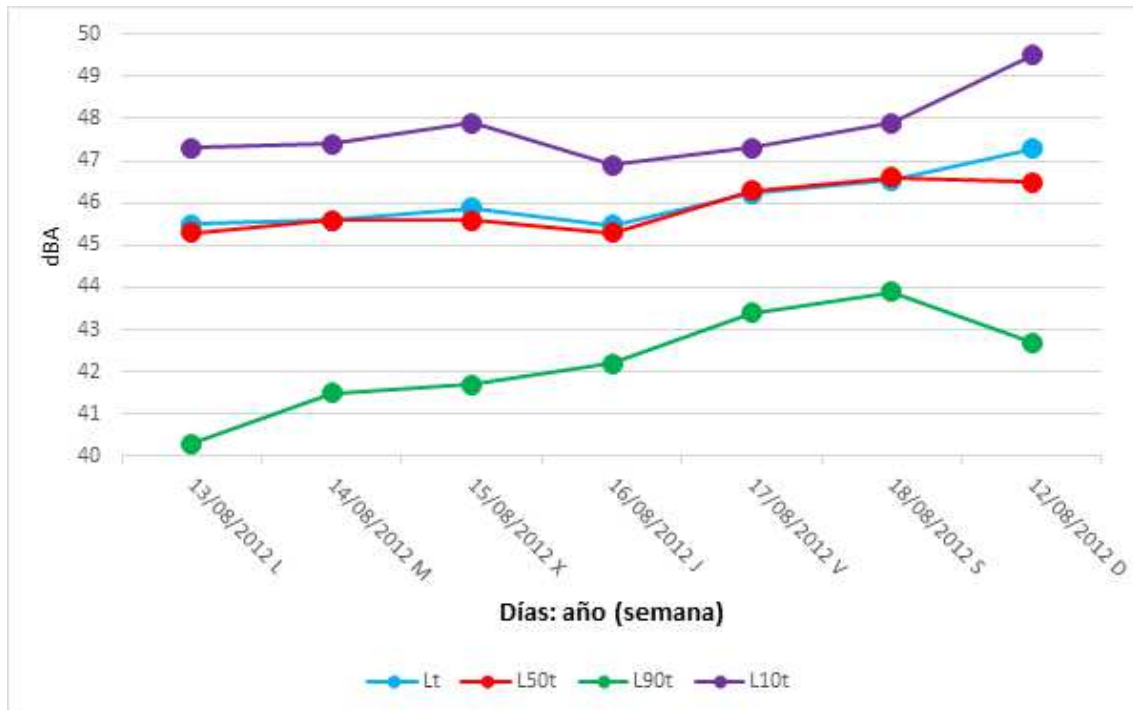


Figura 4.34 E-1 (verano): Índices diarios ruido a lo largo de la semana (periodo tarde)

Del examen de sus gráficas, lo más destacable de nuevo es que el percentil L10t, que representa a los eventos más sonoros durante el periodo de tarde, permanece bastante estable en los 47.2 dBA a lo largo de la semana, sufriendo solo un incremento el domingo, hasta los 49.5 dBA, es decir sigue la misma tendencia que en el periodo de día.

Así mismo las curvas de los niveles Lt y L50t prácticamente son coincidentes, sufriendo ambas un incremento progresivo a lo largo de la semana, desde los 45.3 dBA del lunes a los 46.5 dBA del domingo. Por lo que como ocurre en el periodo de día puede afirmarse que en el periodo de tarde, en las proximidades del punto E-1 en verano, hay una única fuente de ruido, que coincidiría con el tráfico rodado de la calle Avoceta, y la influencia del de la travesía de la carretera A-5052.

También, en contraposición a lo que ocurría en el periodo de día, el ruido de fondo (gráfica de L90t) se ve como en este caso aumenta según avanza la semana desde los 40.30 dBA del lunes a los 43.90 dBA del sábado, para bajar el domingo hasta los 42.7 dBA. Puede con ello concluirse que en verano, la mayor actividad sonora vespertina en la zona del punto E-1 a lo largo de la semana, se produce los sábados.

Analizándose a continuación la Figura 4.35, que corresponde a los índices semanales en periodo de noche.

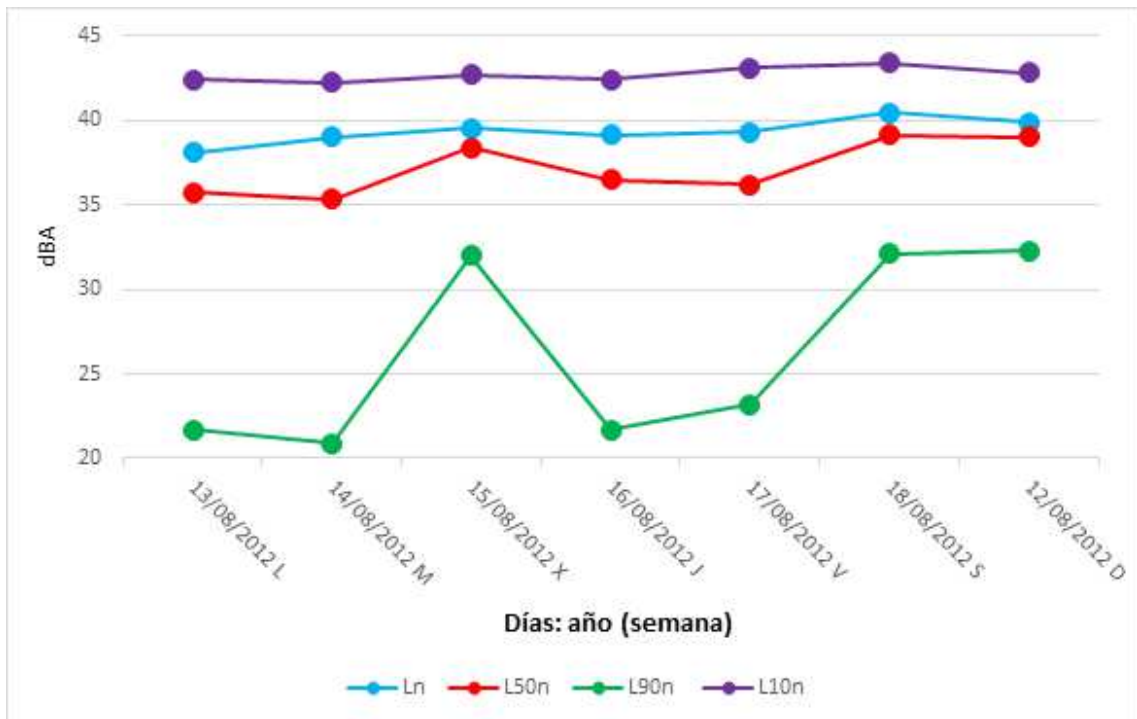


Figura 4.35. E-1 (verano): Índices diarios ruido a lo largo de la semana (periodo noche)

En ella se observa que, en general, los niveles acústicos (L_n , L_{10n} y L_{50n}) son levemente mayores en los días no laborables (miércoles, sábados y domingos), frente a los laborables. Y de manera más acentuada se produce este mismo hecho para el nivel de fondo L_{90} , lo cual probablemente se deba a la mayor intensidad de actividades lúdicas en las noches de los días no laborables.

Es de destacar en este periodo de noche, una mayor separación entre todas ellas en general, pero sobre todo entre las curvas de L_n y L_{50n} , donde la primera siempre supera a la segunda, contrariamente a lo que ocurría en los periodos de día y tarde en que prácticamente coincidían. Lo que indicaría, que durante la noche los eventos sonoros son más discontinuos y su distribución es muy asimétrica, alternándose eventos sonoros de elevada energía con otros de baja energía, es decir que el tráfico en la calle Avoceta por la noche es mucho más discontinuo que durante el día y la tarde.

Además esa discontinuidad es mucho más marcada los días laborables que los días no laborables. Y otro detalle es que en esos días no laborables ambas gráficas suben con respecto a los laborables. Todo ello mostraría, que además de una mayor continuidad de los eventos sonoros, estos en general son superiores en los días festivos. Por tanto que el tráfico en los fines de semana y días festivos, en la calle Avoceta es mayor y con mayor continuidad, que los días laborables. Es decir que en los fines de semana y días festivos la gente coge más el coche por la noche, y

además lo hacen de manera más continua durante toda ella, que en los días laborables.

Todo ello, se va a poder analizar y confirmar con más detalle, a través de las gráficas de las distribuciones de frecuencia de los eventos sonoros nocturnos de los días laborables, y de los días no laborales: Figuras 4.36 y 4.37.

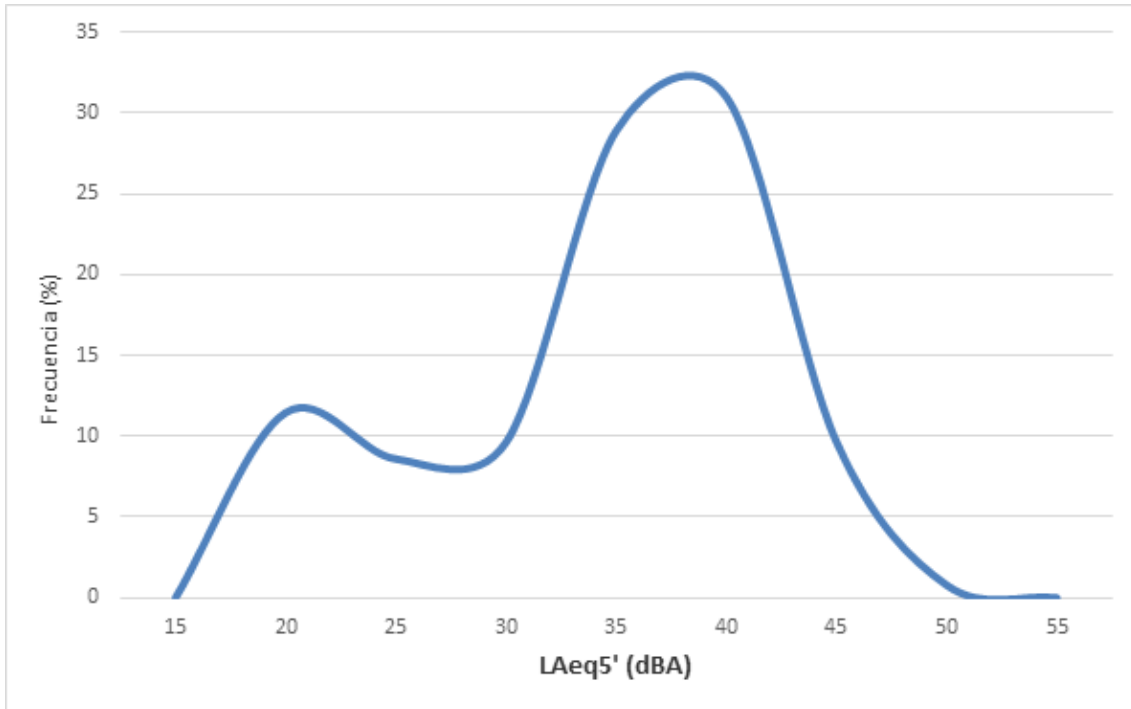


Figura 4.36. E-1 (verano): Diagrama de frecuencias % (noche-laborable)

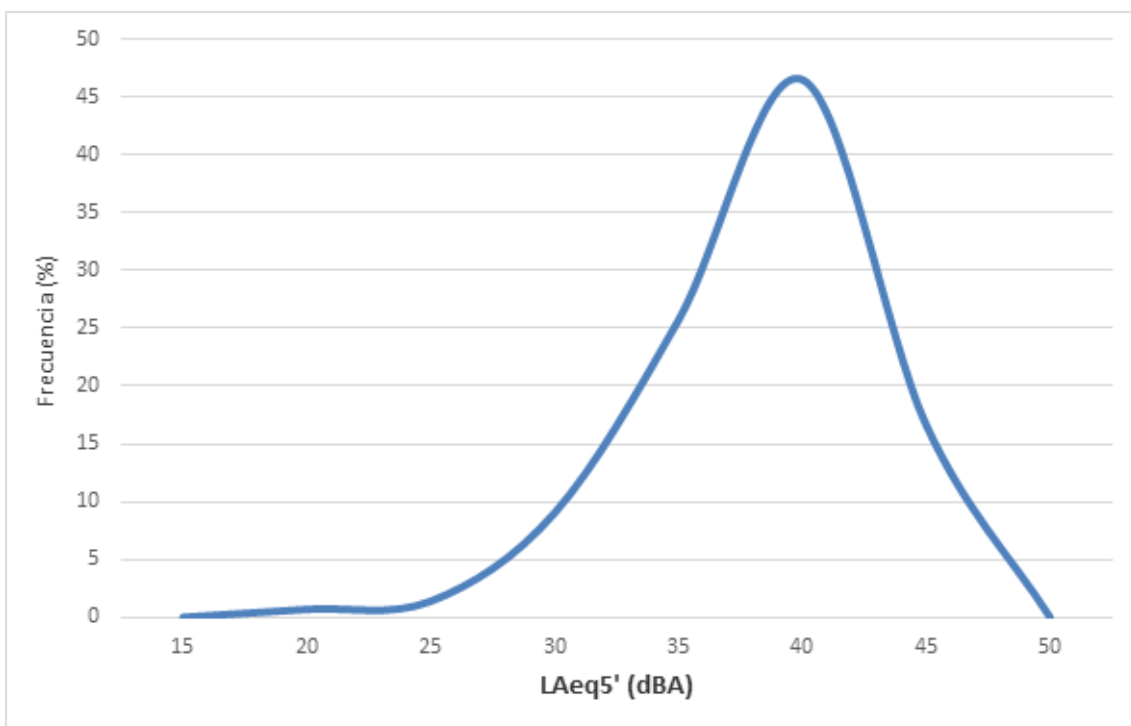


Figura 4.37. E-1 (verano): Diagrama de frecuencias % (noche-no laborable)

De la observación de la Figura 4.36, correspondiente a las noches laborables, se pueden distinguir dos distribuciones superpuestas, la primera con un máximo a niveles de 20 dBA, que ocuparía el 16 % de los registros, y otro máximo a niveles de 38 dBA, ocupando el restante 84 % de los registros. La primera distribución, correspondería con las medidas de menor nivel, es decir el ruido de fondo natural en los alrededores del punto de medida E-1, y la segunda distribución se correspondería con el propio tráfico rodado nocturno de la calle Avoceta en los días laborables. Mientras que en la Figura 4.37 que corresponde a las noches de los días no laborables, se ve una única distribución, con un pico a los 40 dBA, que se correspondería con el ruido del tráfico de la c/Avoceta, el cual predomina sobre el ruido nocturno de fondo natural, que apenas se intuye alrededor de los 20 dBA, y el ruido de fondo del percentil L_{90n} (32 dBA) que queda totalmente enmascarado dentro de la pequeña rampa de valores de registros mixtos que se observa entre los 25 y 35 dBA, y que antecede a la distribución del ruido de tráfico rodado.

Ese aumento de más de 10 dBA que se observa a través de la Figura 4.35 en el ruido de fondo nocturno, que estaría representado por la curva de L_{90n} , en las noches de los días no laborables (32 dBA), con respecto a los días laborables (22 dBA), viene a indicar que en verano, la menor actividad sonora nocturna en la zona del punto E-1 a lo largo de la semana, se produce los días no laborables. De ello se deduce que en las noches de los fines de semana y días festivos hay mayor actividad sonora de bajo nivel, es decir que la gente sale más a la calle, y tiene más actividad en general (habla, pasea, llega más tarde a su casa, etc.), que en los días laborables.

4.2.2. SEMANAL EN EL PUNTO E-3

Siguiendo la misma pauta que en los anteriores muestreos semanales, en la siguiente Figura 4.38 se han plasmado directamente a lo largo de la semana, desde el momento en que se inició la medición, los valores del nivel continuo equivalente de cada una de las 2016 mediciones de 5 minutos ($L_{Aeq5'}$). Añadiéndoseles nuevamente la línea de tendencia (en amarillo) del tipo media móvil de periodo 10, para suavizar las fluctuaciones.

Debe tenerse en cuenta que durante la semana de monitorización: desde el martes 31/07/2012 al martes 07/08/2012, existió un día que pudiera tener consideración de día no laborable, o al menos parcialmente no laborable, ya que el viernes 03/08/2012 fue día festivo local en Huelva capital, por tratarse de la celebración de las Fiestas Colombinas, y en consecuencia, se supone, que un número elevado, aunque no cuantificado, de los residentes vacacionales del Portil no tuvieron ese día obligaciones laborables, y por tanto necesidad de coger su vehículo o el transporte público para acceder a su puesto de trabajo en Huelva.

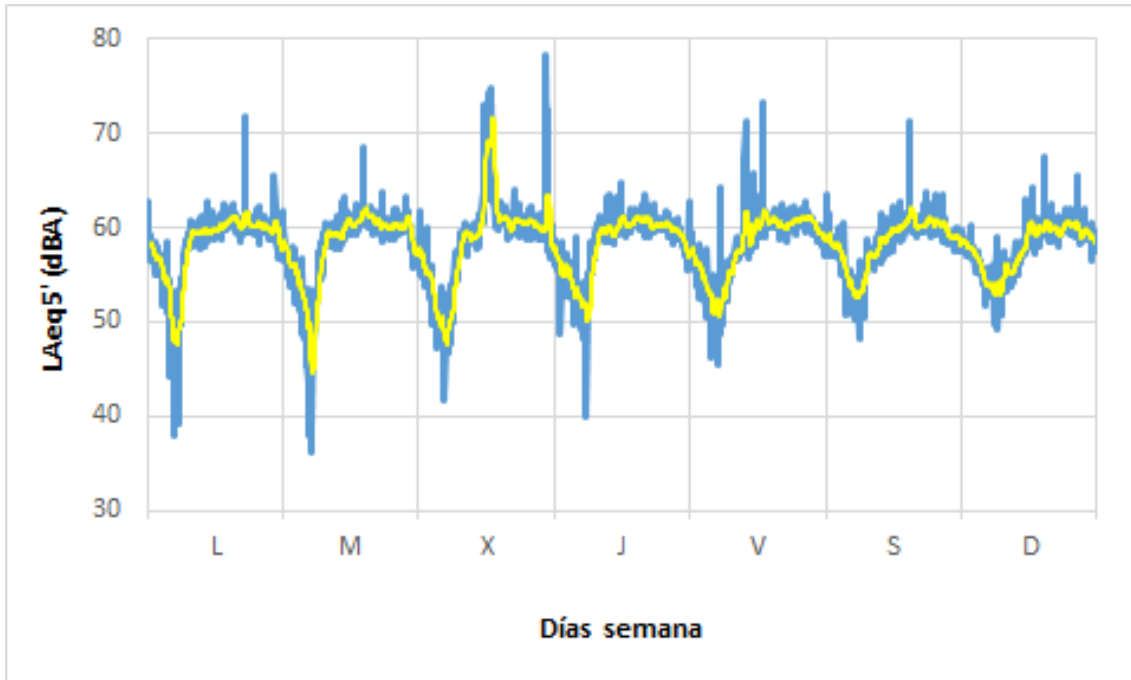


Figura 4.38. E-3: Registro semanal LAeq5' (verano)

En la anterior Figura 4.38, lo primero que llama la atención es la gran cantidad de registros muy puntuales de ruido, que aparecen que las partes horizontales de las U invertidas, y hacen que éstas sean auténticas “montañas rusas”, con picos y valles muy pronunciados. La mayoría de esos registros se corresponden con eventos que pudieron ser conocidos y por tanto registrados, tal como se muestra en la siguiente Figura 4.39.

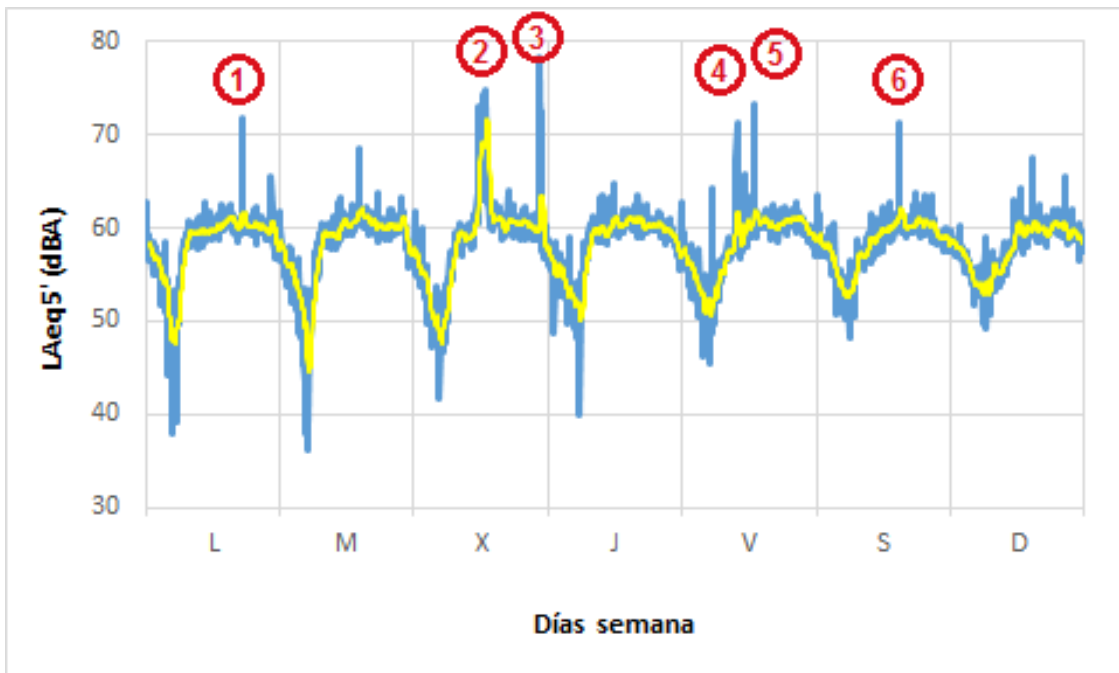


Figura 4.39. Eventos registrados durante monitorización E-3 (verano)

Aunque estos eventos tuvieron su evolución temporal, si su duración fue inferior a los cinco minutos que dura cada registro, en el anterior diagrama aparecen más “suavizados” y con una apariencia más puntual. Pero si la duración del evento supera ese tiempo, puede hacerse un zum y ver su evolución, tal como se muestra a título de ejemplo el evento nº 3, ocurrido el miércoles día 01/08/2012, en la Figura 4.40.

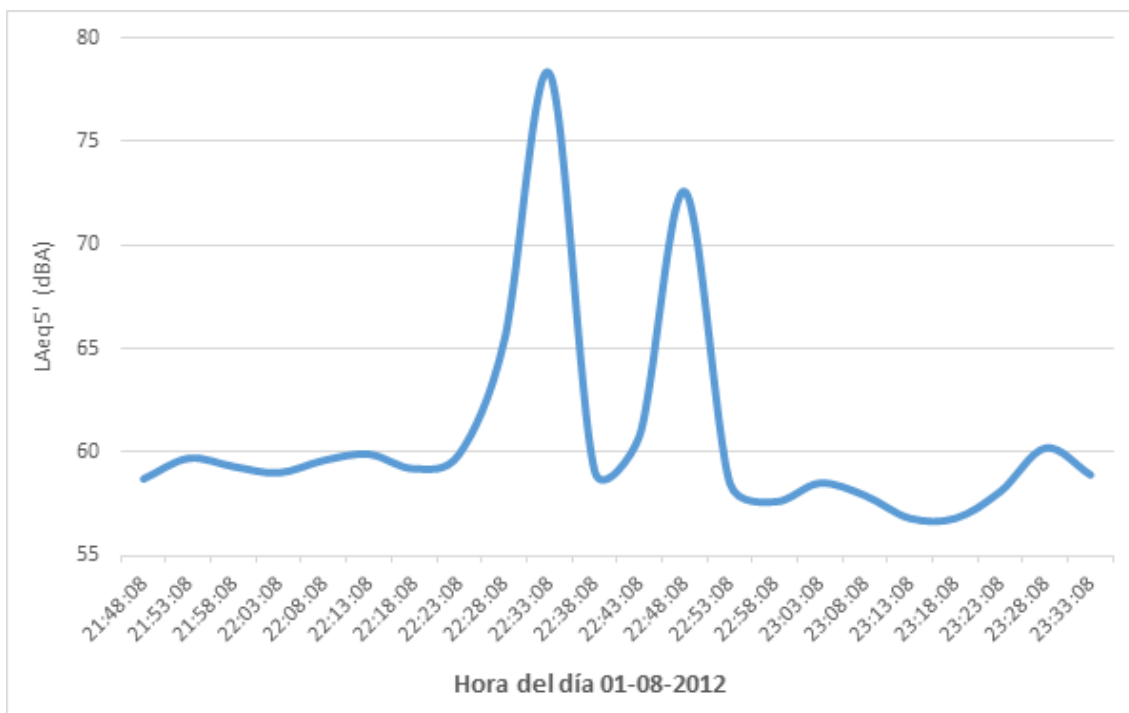


Figura 4.40. Zum del evento nº 3 ocurrido el día 01-08-2012

Los eventos registrados y reseñados en la anterior Figura 4.40, correspondieron a:

1. Megafonía anunciando un circo. Recorrió los alrededores del punto de medida E-3 el lunes día 06/08/2012 desde las 17:15 hasta las 17:18 horas.
2. Camión de Lisur (empresa para el desatasco de tuberías de saneamiento). Estuvo trabajando ininterrumpidamente frente al punto de medida E-3, al otro lado de la carretera A-5052, el día 01/08/2012 desde las 11:29 hasta las 12:58 horas. Tal como se puede apreciar en la fotografía de la siguiente Figura 4.41.
3. Sirenas de varios vehículos de bomberos. Pasaron dos convoyes el día 01/08/2012 por la travesía de la carretera A-5052, a las 22:33 y a las 22:48 horas respectivamente, circularon en sentido El Rompido.
4. Silbato del afilador. Estuvo aparcado en la esquina de la carretera A-5052 con la calle Avoceta, frente al punto E-3 el día 03/08/2012, desde las 9:44 hasta las 9:49 horas.

5. Megafonía anunciando “el camión del tapicero”. Recorrió los alrededores del edificio E-3 el día 03/08/2012 desde las 11:13 hasta las 11:17 horas.
6. Ambulancia. Pasó el día 04/08/2012 por la travesía de la carretera A-5052 desde las 14:58 hasta las 14:59 horas, circulando en sentido Punta Umbría.



Figura 4.41. Registro fotográfico del evento nº 2

Es evidente que muchos de estos eventos no son totalmente fortuitos, sino que forman parte de los acontecimientos que se desarrollan en una ciudad como consecuencia de las necesidades de los habitantes que viven en ella en cada momento. Por tanto deberían tenerse en cuenta en los estudios de la caracterización del ruido de la misma. Ahora bien, si ese estudio de investigación, como es esta tesis, trata de comparar las características del ruido de un día laboral con otro no laboral, o de una temporada con otra, o de los periodos de día, tarde y noche, o de la ubicación del edificio, es evidente que sí todos ellos se tuvieran en consideración podría llegarse a conclusiones erróneas, por la gran distorsión que introducen en un periodo de tiempo muy corto.

Teniendo en cuenta todo ello, y en función de la distorsión que introducen en los valores medios, se ha decidido eliminar las medidas correspondientes al camión de Lisur (evento nº 2) y las del silbato del afilador (evento nº 4). Las primeras distorsionan los datos de un día laboral tanto por su intensidad como por su duración, y las segundas distorsionan los datos de un día no laboral, por su intensidad.

El resto de los eventos, algunos de muy alta intensidad se han mantenido, porque forman parte de las necesidades sociales de una población densamente poblada, como los servicios de bomberos (evento nº 3), o las ambulancias (evento nº 6). Y los otros eventos, aunque más secundariamente, también forman parte de esas necesidades sociales o comerciales (eventos nº 1 y 5).

Pues bien, eliminando los registros correspondientes a los eventos nº 2 y 4, la gráfica de la Figura 4.38 se transformaría en la gráfica de la Figura 4.42.

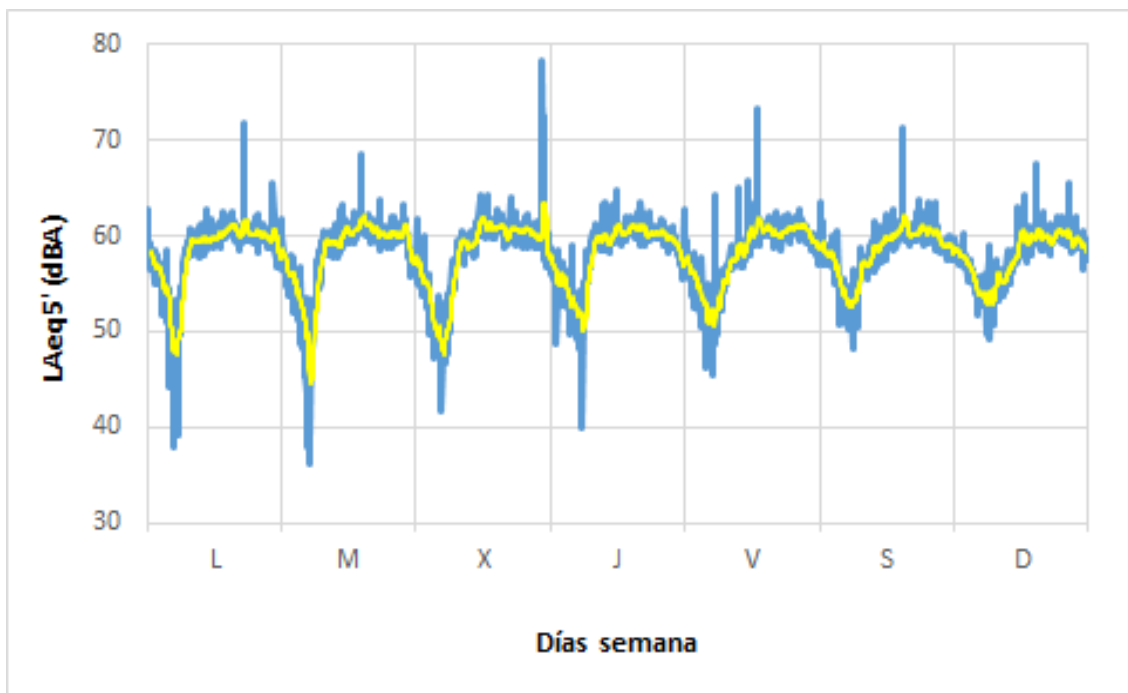


Figura 4.42. E-3: Registro semanal corregido LAeq5' (verano)

Dando esta gráfica por definitiva, igual que en sus equivalentes en la temporada invernal, puede apreciarse en ella, las huellas sonoras diarias a lo largo de la semana de medición para el punto E-3 en temporada estival. De nuevo todas las huellas tienen forma de U invertida, repitiéndose la similitud entre las formas de los días laborables de la semana, y las de los días no laborables. En las primeras los lados de la U tienen formas rectas y, con mucha pendiente, sobre todo el lado izquierdo, mientras que en las segundas, (viernes, sábado y domingo), las U de estos días tienen sus lados formas mucho más curvadas.

En contraste a lo que ocurría en este mismo punto de medida en la temporada invernal, los valores menores de los registros de cinco minutos durante la noche, son en este caso del orden de los 40 dBA, frente a los 30 dBA que aparecían en la anterior. Pero además esto solamente ocurre muy puntualmente, y solo en tres noches, ya que en el resto los niveles nocturnos están por encima de los 45 dBA e incluso por encima de los 50 dBA sobre todo en las jornadas no laborales. Y adoptando globalmente en toda la semana un nivel equivalente en periodo de noche

un valor de 55.8 dBA, tal como puede observarse en la siguiente Tabla IV-5, es decir 6.5 dBA superior que en el invierno, lo que equivale a una potencia sonora nocturna 4.5 veces superior en verano que en invierno.

Índice	Semana global	Semana periodo día	Semana periodo tarde	Semana periodo noche
LAeqT	59.4	60.2	61.1	55.8
LA1	64.0	64.0	65.4	60.5
LA5	61.7	62.0	62.0	58.9
LA8	61.3	61.5	61.7	58.5
LA10	61.1	61.3	61.4	58.3
LA40	59.6	60.2	60.1	56.0
LA50	59.2	59.9	59.8	55.2
LA60	58.5	59.5	59.6	54.1
LA90	53.2	57.6	58.7	50.1
LA95	51.2	56.6	58.3	48.5
LA99	47.3	54.7	57.5	41.3

Tabla IV-5. E-3: Resumen de valores de monitorización semanal (verano)

Otro hecho diferencial que se observa en las zonas que representan el ruido nocturno, es que descienden brusca y sistemáticamente con un pico muy profundo en forma de V, lo cual da idea de que el silencio nocturno es mucho más corto en el tiempo que durante el invierno, además de más ruidoso como ya se comentó anteriormente.

Continuando con el análisis de la Figura 4.42 y de la Tabla IV-5, llama la atención como el registro sonoro de los valores de LAeq5' se mueve aproximadamente entre los 40 y 62 dBA, frente a los 30 y 60 dBA en que se movía en el periodo invernal. Es decir el ancho de banda se ha reducido en unos 8 dBA, y desplazándose además hacia valores más elevados, sobre todo en los periodos nocturnos.

Es reseñable también la gran cantidad de picos que aparecen en la gráfica de la Figura 4.42 tanto durante los periodos de día como de tarde, debidos a registros muy puntuales, a pesar de los eliminados tal como se ha comentado para evitar las distorsiones. Esta circunstancia no se producía en la temporada invernal, lo cual indica que los eventos relacionados con esos registros, se producen cuando hay mayor densidad de población en El Portil, debido a las propias necesidades de sus residentes: bomberos, ambulancias, publicidad comercial, mantenimientos, recogidas de basuras, etc.

Otra circunstancia relevante al analizar tanto la Figura 4.42 como la Tabla IV-5, es que durante los periodos de noche la diferencia entre el LAeqT y el LA50 es de 0.6 dBA, que aunque inferior a los casi 2 dBA que había en el invierno, continua siendo superior a la diferencia entre el LAeqT y el LA50 del periodo de día. Ello indica que hay más alternancia entre los eventos sonoros de alto nivel acústico, y los eventos

sonoros de bajo nivel acústico por la noche. Lo cual se vuelve a comprobar a través de que la banda azul por la noche, tiene una anchura superior que en los periodos de día, y todo ello a pesar de los picos que se producen durante los periodos de día y de tarde.

Agrupando de nuevo cada 1 dB, las medidas de los niveles continuos equivalentes de 5 minutos de la semana, se obtiene el diagrama porcentual de frecuencias, tal como se aprecia en la siguiente Figura 4.43.

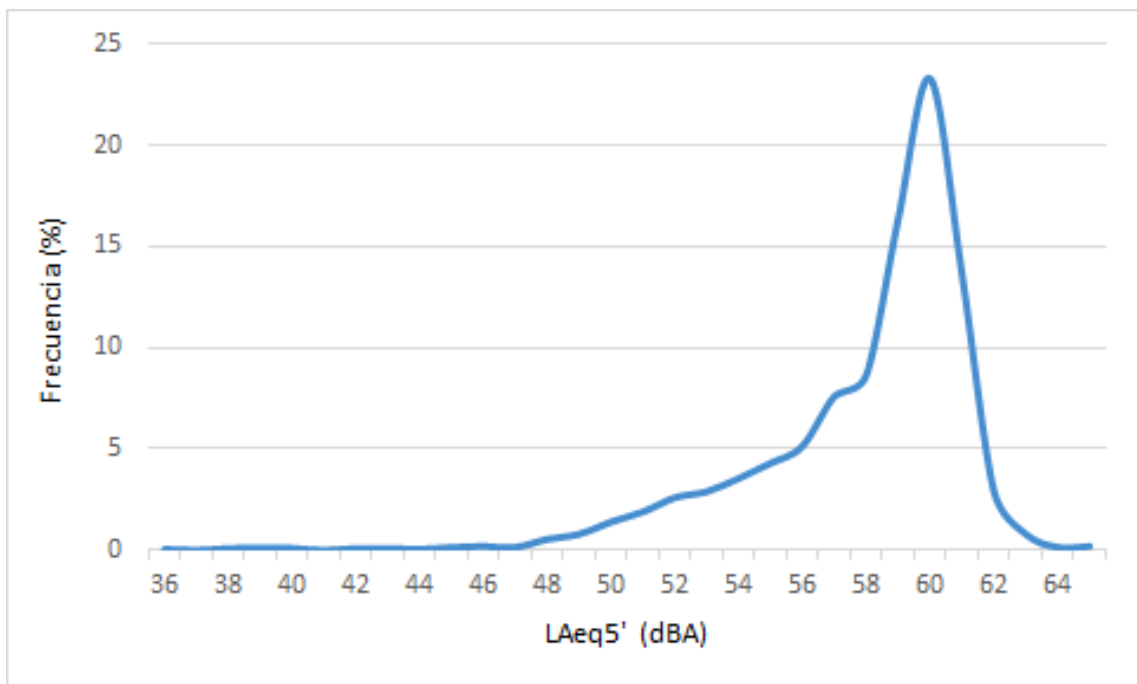


Figura 4.43. E-3 (verano): Diagrama de frecuencias en %

Analizando este diagrama semanal de frecuencias de la Figura 4.43, correspondiente al punto de medida E-3 en verano, se observa que este es bastante asimétrico, con un único máximo a los 60 dBA, el cual se correspondería con la distribución del ruido del tráfico de la carretera A-5052 (entre 57 y 64 dBA, el 74 % de los registros), que predominaría sobre el ruido nocturno de fondo, quedando éste último apenas insinuado en los 39 dBA (con solo el 0.3 % de los registros). El resto de la distribución, la que va subiendo en rampa desde los 47 a los 57 dBA como ya ocurrió en la temporada invernal, corresponderían a registros mixtos de 5 minutos, donde los eventos más silenciosos se han mezclado con eventos ruidosos, tomando esos registros unos LAeq5' de valores intermedios, de ahí su forma en rampa en función del predominio de eventos ruidosos dentro de los 5 minutos de medida, en cada uno de los registros.

Calculando los niveles equivalentes de un día completo (LAeq24h), y trasladándolos éstos a lo largo de la semana, se obtiene para dicho punto E-3 en verano, la Figura 4.44 representada a continuación.

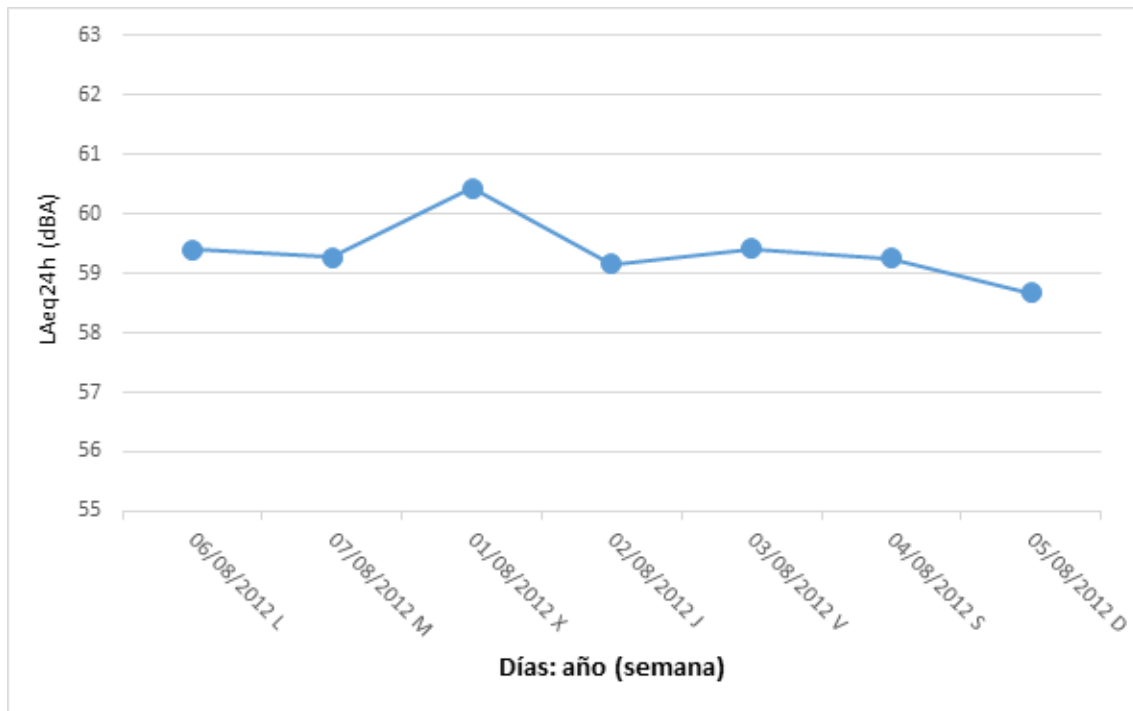


Figura 4.44. E-3 (verano): LAeq24h a lo largo de la semana

En ella puede observarse que aunque la gráfica del LAeq24h es bastante plana a lo largo de la semana alrededor de los 59.3 dBA, aumenta hasta los 60.4 dBA el miércoles 01/08/2012, motivado fundamentalmente por los dos convoyes de vehículos de bomberos (evento registrado nº 2), que dieron dos registros parciales con niveles LAeq5' de 78.3 y de 72.6 dBA respectivamente, los cuales fueron suficientes para distorsionar el LAeq24h de la jornada. Si se aislase ese día, del resto de los días laborables de la semana, sería prácticamente una recta horizontal en los 59.3 dBA, solo con una leve bajada hasta los 58.7 dBA en la jornada del domingo. Es decir, de nuevo como ya ocurrió en la temporada invernal, el domingo baja levemente (~ 0.8 dbA) el nivel de ruido equivalente LAeq24h.

Siguiendo el mismo procedimiento de análisis realizado en los anteriores muestreos semanales, se han calculado las pendientes diarias de los niveles de ruido LAeq5' medidos entre las 5:00 y 8:00 horas en cada uno de los días, los cuales se reflejan en la gráfica de la Figura 4.45 a lo largo de la semana.

Esta gráfica de nuevo corrobora el hecho de que las pendientes en los días laborables son mucho más elevadas que las de los días no laborables. Así para los días laborables se tienen unas pendientes medias de: 0.361 ± 0.024 dBA/5' (equivalente a: 4.3 ± 0.3 dBA/h), y en los días no laborables de: 0.137 ± 0.027 dBA/5' (equivalente a: 1.6 ± 0.3 dBA/h), ambas con un nivel de confianza del 95 %. Lo cual indica que en un día laborable la pendiente es 2.6 veces más alta que la de un día no laborable.

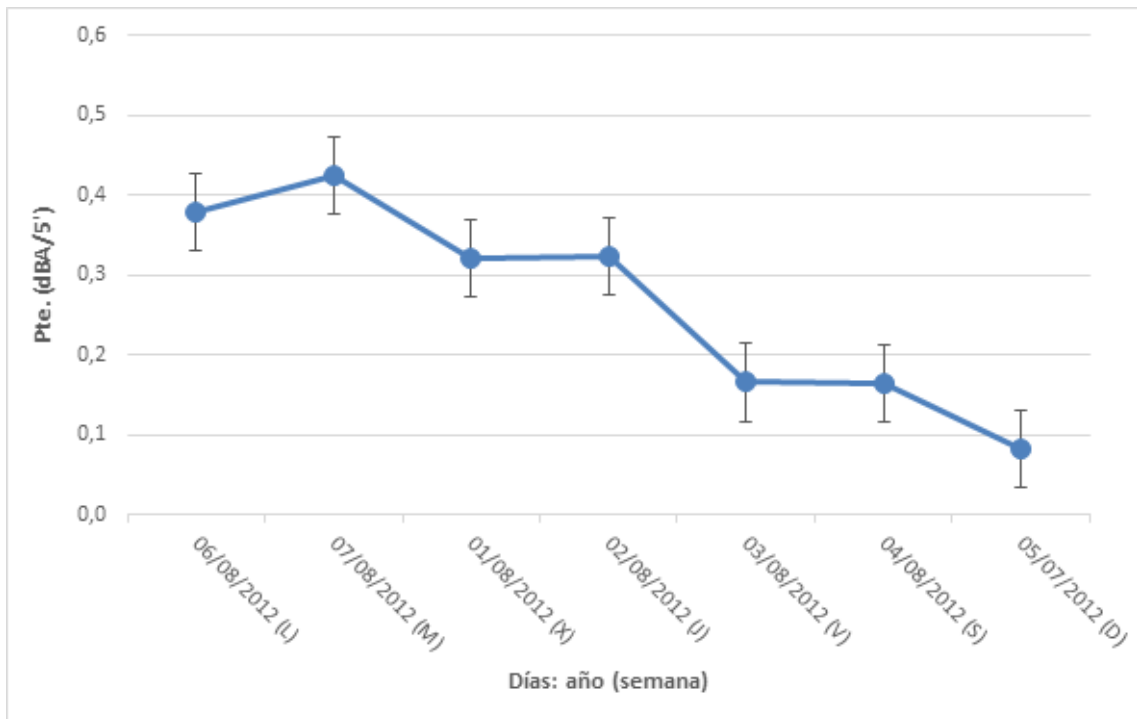


Figura 4.45. E-3 (verano): Pendientes semanales entre 5:00 y 8:00 horas, con un nivel de confianza del 95 %

En este caso además al ser el viernes festivo, se observa de nuevo la tendencia a disminuir la pendiente de ese día, a pesar de los eventos registrados nº 4 y 5 ya referidos anteriormente, y que sin embargo podrían haber desvirtuado algo las medidas.

Si además se comparan para este punto de medida E-3, las pendientes obtenidas en ambas temporadas, se observa que ese factor era 1.8 en invierno y ahora de 2.6 en verano, es decir la relación entre las pendientes de los días laborables y no laborables se acentúa en verano. Ello viene a indicar que en verano; que es cuando hay más población, más vehículos y por tanto más tráfico rodado; se marca más ese ya referido patrón evolutivo temporal del ruido a esas primeras horas de la mañana (entre las 5:00 y 8:00 horas). Ello mismo se puede observar a través de las diferentes formas que adoptan las huellas sonoras en los días laborables frente a y los días festivos, tal y como se puede fácilmente apreciar en la anterior Figura 4.42, y con ello los diferentes comportamientos y hábitos de los conductores, entre unos y otros días.

Siguiendo el mismo protocolo de análisis, en la Figura 4.46, igual como se ha hecho en el otro punto de medida y temporadas se han representado los índices diarios más característicos, para el punto E-3 en verano a lo largo de una semana (LA_{eq24h} , L_{50} , L_{90} , L_{10} y L_{Cpeak}).

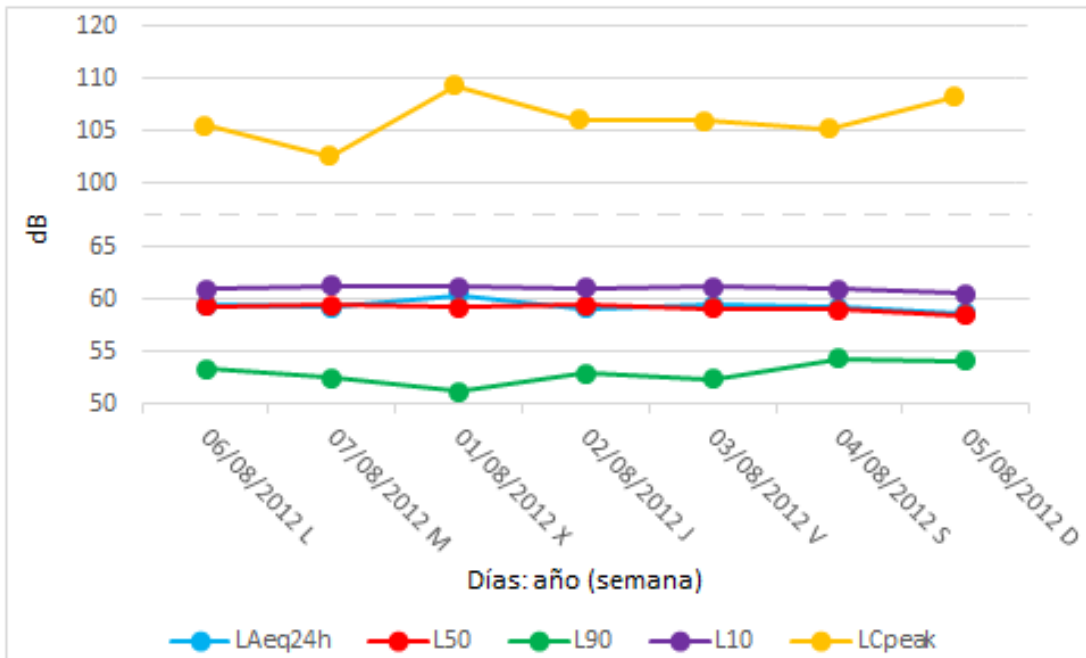


Figura 4.46. E-3 (verano): Índices diarios ruido a lo largo de la semana

Del análisis de la Figura 4.46, se observa que los mayores niveles sonoros durante las medidas del punto E-3 en verano, y durante cada uno de los días de la semana oscilaron entre los 102 dB y los 109 dBA, correspondiéndole los mayores valores al miércoles 01/08/2012 y al domingo 05/08/2012. Lo del miércoles pudiera estar relacionado con los vehículos de bomberos (evento nº 3), y lo del domingo de nuevo coincide con la misma tendencia que se observó que ocurría en el punto E-1 en la misma temporada.

Así mismo se observa que el L10, que representa la media de las medidas más sonoras, permanece constante a lo largo de la semana alrededor de los 61.3 dBA.

También se aprecia que los índices LAeq24h y L50 coinciden plenamente a lo largo de toda la semana, en un nivel muy próximo a los 59.2 dBA, (estando totalmente superpuestos, siendo prácticamente imposible distinguir uno del otro). Ello estaría nuevamente indicando de la presencia de una única fuente de ruido.

También la gráfica correspondiente al percentil L90 que representa al ruido de fondo, permanece bastante estable alrededor de los 53.3 dBA los días laborables, excepto el miércoles 01/12/2012, en que descendió hasta los 51.2 dBA, para incrementarse los días no laborables viernes, sábado y domingo, sobre todo este último en que sube hasta 54.1 dBA.

Todo ello se puede analizar con más detalle en las siguientes Figuras 4.47, 4.48 y 4.50, en las que estos mismos índices se han desglosado para los periodos de día (d), tarde (t) y noche (n) respectivamente.

Pasando ahora a analizar la Figura 4.47, correspondiente a los índices semanales en el periodo de día.

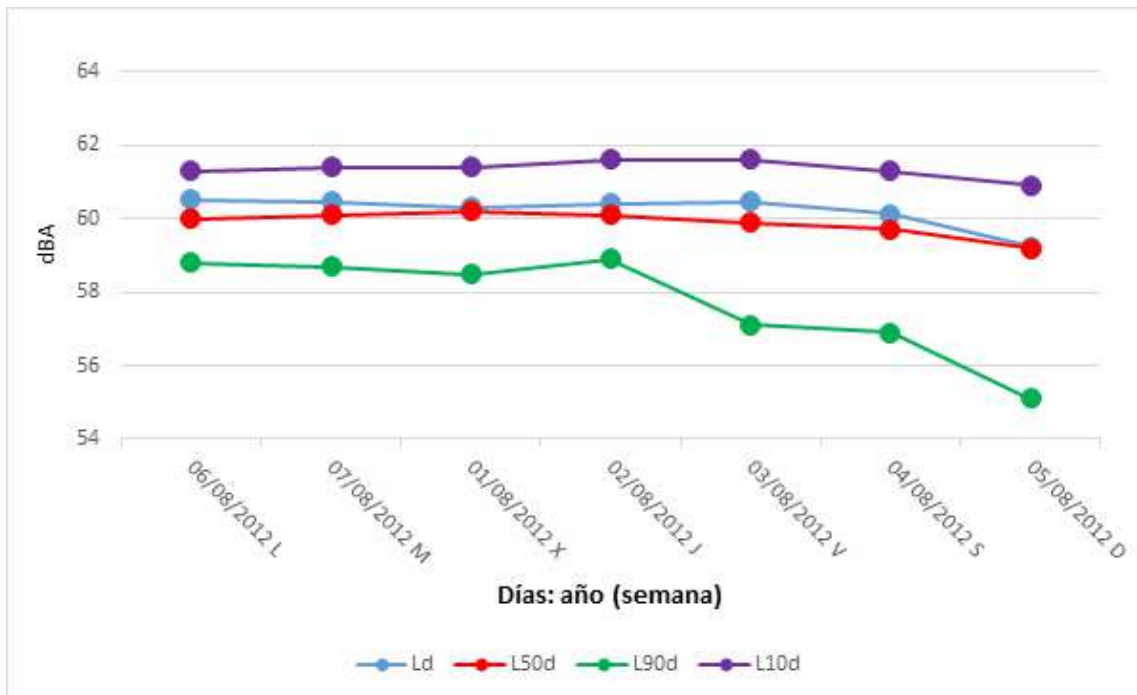


Figura 4.47. E-3 (verano): Índices diarios ruido a lo largo de la semana (en periodo de día)

En ella se observa que el percentil L10d, permanece bastante constante a lo largo de la semana en los 61.4 dBA, descendiendo levemente el domingo hasta los 60.8 dBA.

También se observa que los niveles continuo equivalente Ld y el percentil L50d están muy próximos entre sí, y además están bastante estabilizados ambos alrededor de los 60 dBA a lo largo de la semana. Este hecho viene a indicar que en las proximidades del punto E-3 en verano, hay una única fuente de ruido dominante, que coincidiría con el tráfico rodado de la carretera A-5052. Descendiendo levemente el domingo hasta los 59.3 dBA.

Así mismo la gráfica del percentil L90d, se aprecia que toma valores bastante estables los días laborables a un nivel de 58.7 dBA, bajando el viernes (no laborable) y el sábado a 57 dBA, y el domingo hasta los 55 dBA. Es decir que en verano, la menor actividad sonora diurna en la zona del punto de medida E-3 a lo largo de la semana, se produce los días festivos y los fines de semana, que viene a coincidir con lo que ocurría en este mismo punto de monitorización durante la temporada invernal.

Continuando el análisis con la Figura 4.48 donde están representados los mismos índices semanales, pero ahora en periodo de tarde.

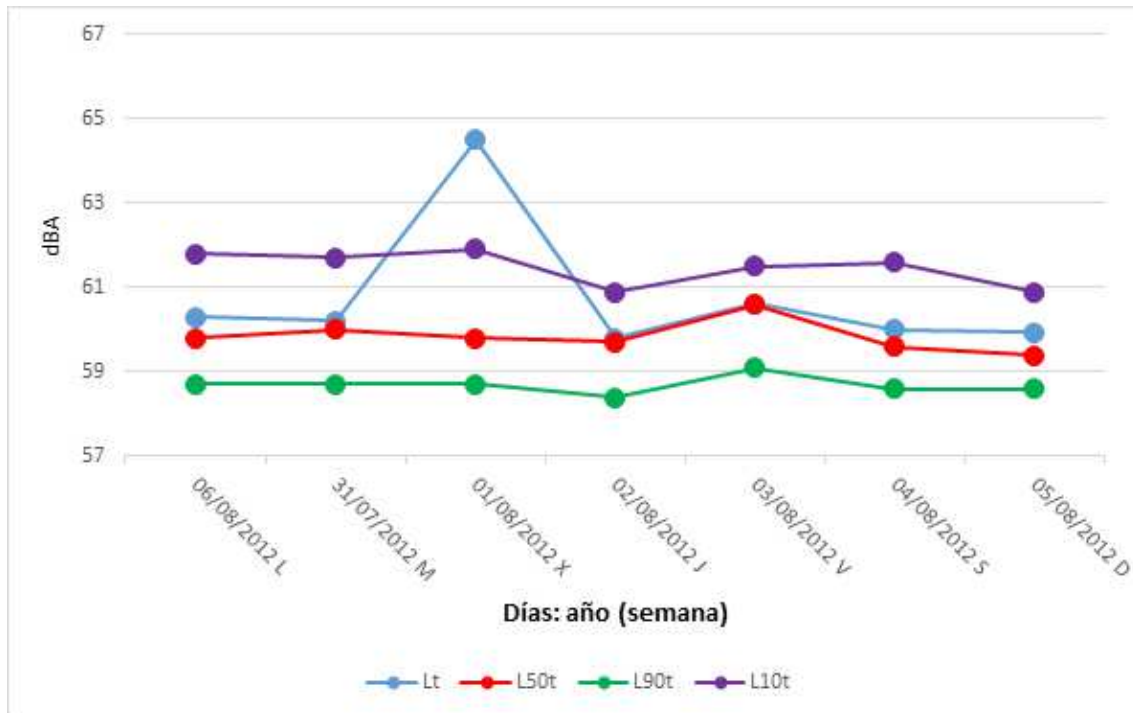


Figura 4.48. E-3 (verano): Índices diarios ruido a lo largo de la semana (en periodo de tarde)

De su observación se desprende que el percentil L10t, que representa a los eventos más sonoros durante el periodo de tarde, permanece bastante estable alrededor de los 61.7 dBA a lo largo de toda la semana, bajando solamente el jueves y el domingo hasta los 61 dBA.

También, que en contraposición a lo que ocurría en el periodo de día, el ruido de fondo (gráfica de L90t) se ve como en este caso se mantiene bastante estable a lo largo de la semana en un nivel de unos 58.7 dBA, contrariamente a lo que ocurría en otras temporadas y edificios. Ello indicaría que en las inmediaciones del punto de medida E-3, en los fines de semana y días festivos no disminuye la actividad de baja intensidad sonora durante el periodo de tarde. Lo cual podría estar justificado por un mayor número de personas por la vía pública, desplazándose para acceder a la playa, pasear, realizar compras, así como otras actividades lúdicas.

Así mismo las gráficas de los índices Lt y L50t prácticamente son coincidentes, alrededor de los 60 dBA durante toda la semana, excepto el miércoles. Por lo cual, como ocurre en el periodo de día, puede afirmarse que en el periodo de tarde, en las proximidades del punto E-3 en verano, hay una única fuente de ruido dominante, que coincidiría con el tráfico rodado de la travesía de la carretera A-5052. Esta circunstancia es evidente que no se da el miércoles día 01/08/2012 en que el Lt sufre un incremento brusco de 64.5 dBA separándose de la curva L50t en más de 10 dBA, para el jueves volver a estabilizarse ambos en los 60 dBA.

Para analizar más en detalle esta circunstancia del miércoles, se ha obtenido el diagrama porcentual de frecuencias para dicho día en periodo de tarde, tal como se aprecia en la siguiente Figura 4.49.

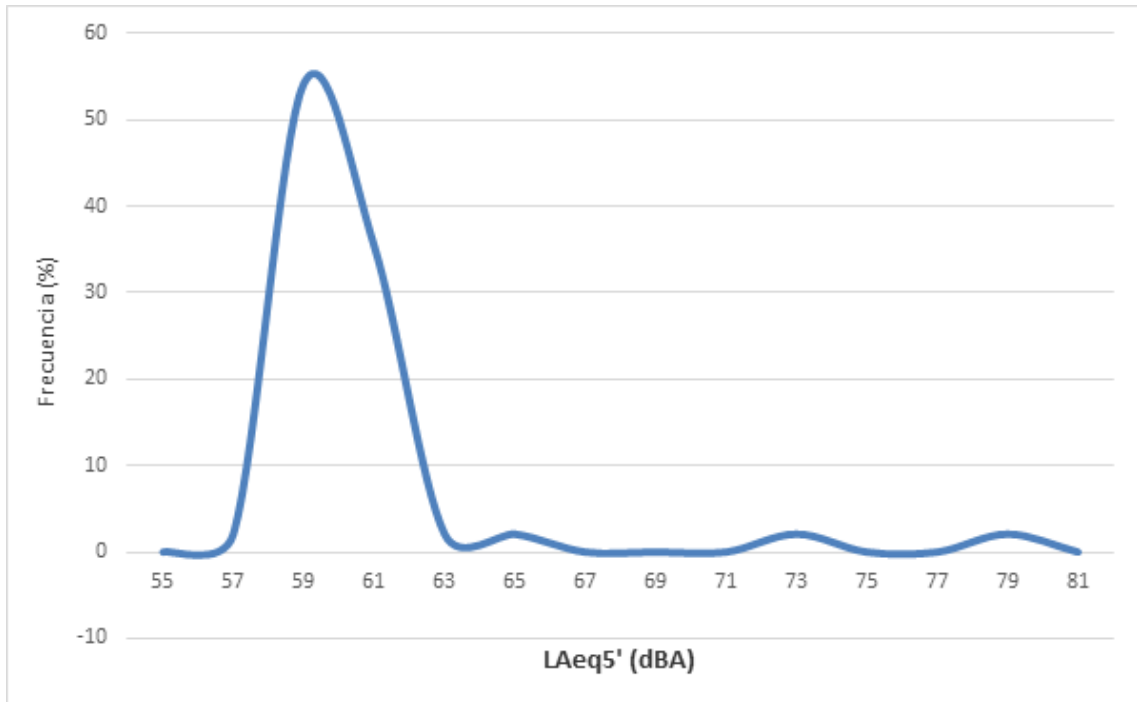


Figura 4.49. E-3 (verano): Diagrama frecuencias en % (periodo de tarde del 01-08-2012)

De su observación, se desprende que hay un máximo absoluto a los 59 dBA, pero también tres máximos relativos, mucho más pequeños, a los 65, 73 y 79 dBA respectivamente. El primer máximo, que recoge el 94 % de los registros sonoros de la tarde, corresponde a la fuente del tráfico rodado de la carretera A-5052. El segundo máximo, que recoge solo el 2 % de los registros, corresponde a algún evento ocurrido durante el registro de 5 minutos de las 22:28:08 horas, que no está identificado. El tercer máximo, que recoge también el 2 % de los registros, se corresponde con el evento ocurrido durante el registro medido a las 22:33:08, identificado con el primer convoy de vehículos de bomberos que pasaron con sentido El Rompido. El cuarto pico, que también recoge el 2 % de los eventos, se corresponde con el evento ocurrido durante el registro de 5 minutos de las 22:48:08, identificado con el segundo convoy de vehículos de bomberos que pasó por la carretera A-5052 con sentido hacia El Rompido. Estos dos últimos eventos son lo que se analizaron con más detalle en la Figura 4.40. Los hechos comentados anteriormente ratifican que el diagrama porcentual de frecuencias es muy útil para identificar eventos con duración del orden de la resolución temporal de las medidas.

A continuación se analiza la Figura 4.50 correspondiente a los índices semanales en periodo de noche.

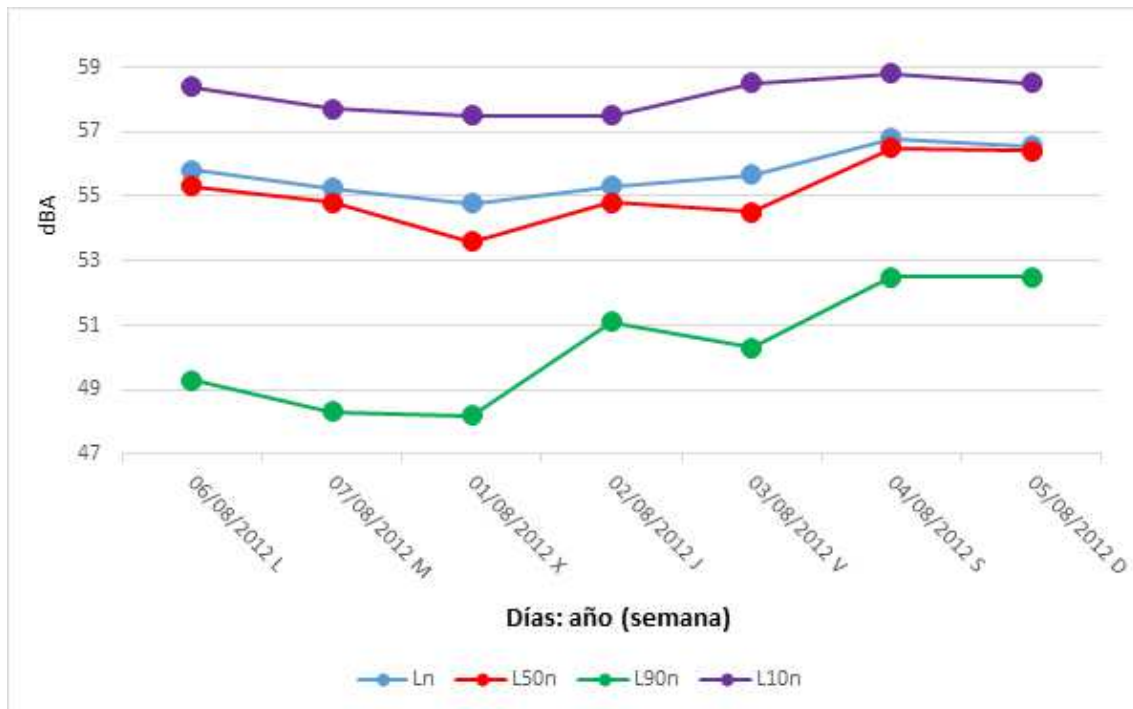


Figura 4.50. E-3 (verano): Índices diarios ruido a lo largo de la semana (en periodo de noche)

De su observación se deduce que las gráficas de Ln, y L10n, adoptan los días no laborables (sábados y domingos) valores más elevados que los días laborables, e incluso el viernes (parcialmente no laborable), esos dos mismos índices tienen también un cierto incremento.

Se observa que aumentan también los sábados y domingos las gráficas de L50n y L90n, mientras que el viernes (parcialmente no laborable) disminuye en ésta última. Cabe destacar la subida de 4 dBA que experimenta la curva de L90 el sábado y domingo, contrariamente a lo que ocurría en los periodos de día en que esta bajaba, y en el de tarde en que prácticamente se mantenía estable. Esto viene a indicar que durante el periodo de noche, en este punto de medida, el ruido de fondo aumenta los fines de semana, lo cual podría estar motivado por un aumento de las actividades lúdicas y de diversión durante las noches de estas jornadas: más gente paseando por la calle, bares, terrazas, copas, botellones, etc.

También cabe reseñar una mayor separación entre todas estas gráficas en general, pero sobre todo entre las gráficas del Ln y L50n, que, aunque están próximas, no están superpuestas como ocurría en los periodos de día y tarde. Para analizar esta última circunstancia con mucho más detalle, se han confeccionado las Figura 4.51 y 4.52, con las distribuciones porcentuales de frecuencias en el periodo de noche, la primera para los días laborables y la segunda para los no laborables respectivamente, en este punto de medida.

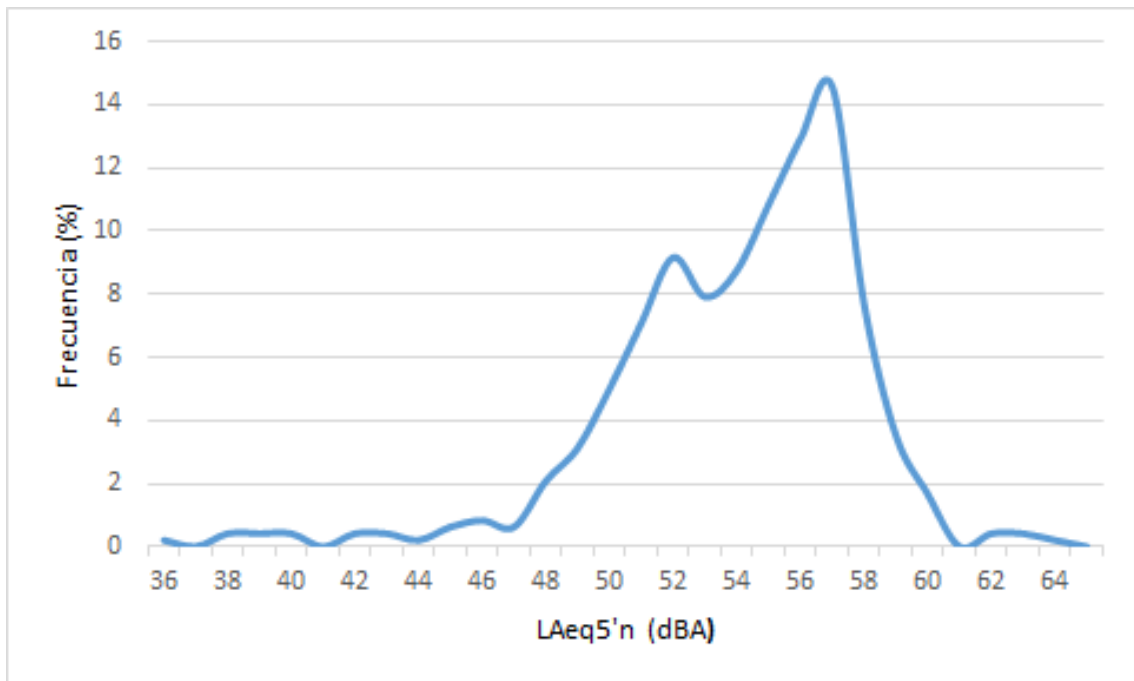


Figura 4.51. E-3 (verano): Diagrama de frecuencias en % (periodo noche días laborables)

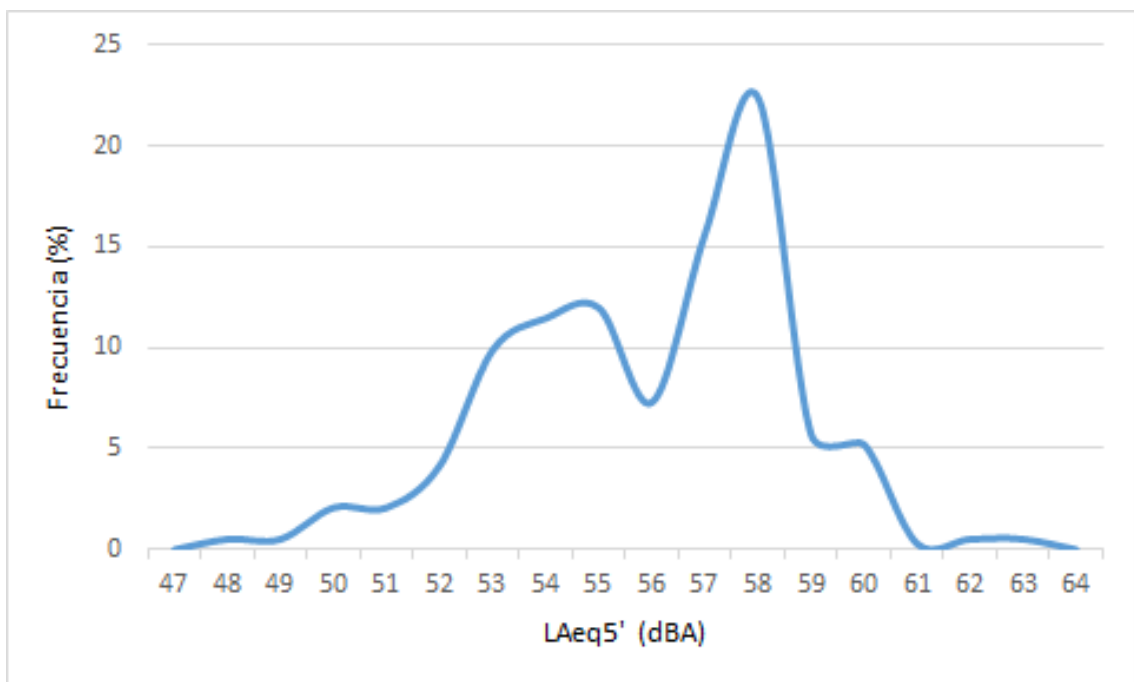


Figura 4.52. E-3 (verano): Diagrama de frecuencias en % (periodo noche días no laborables)

Si se comparan estas dos gráficas, se observa que en la primera de ellas se distingue una distribución de frecuencias muy asimétrica y con varios máximos relativos, pero con un máximo absoluto muy marcado a 57 dBA, que correspondería al ruido de la carretera A-5052, y un máximo relativo a un nivel de los 46 dBA, que podría

corresponder al ruido de fondo nocturno natural de un día laborable, y entre medias de ambas (desde los 47 a los 52 dBA) una rampa escalonada de registros mixtos, constituidos por eventos de bajos nivel mezclados con eventos sonoros de alto nivel. Dentro de la cual quedaría enmascarada la distribución del L_{90n} de los días laborables

Por el contrario en la segunda gráfica, correspondiente a las noches de los días no laborables, se observa un primer máximo, en este caso absoluto a niveles de 58 dBA que correspondería al ruido de la carretera A-5052, un segundo máximo, en este caso relativo a los 48 dBA, que correspondería al ruido de fondo nocturno natural de los días no laborables, y entre ambas (desde los 51 a los 55 dBA) una rampa también escalonada, de registros mixtos, constituidos con eventos de bajo nivel y de alto nivel simultáneamente. Dentro de ella quedaría enmascarada la distribución del L_{90n} correspondiente a los días no laborables.

Por tanto se puede concluir que en las noches estivales en los alrededores del punto de medida E-3, en los días no laborables el nivel de ruido generado por la carretera A-5052 es 1 dBA más elevado que los días laborables. Y que el nivel de ruido de fondo natural en la misma temporada y punto de medida es 2 dBA más elevado los días no laborables que los días laborables. Ello viene a indicar que las noches de los fines de semana y festivos son mucho más ruidosas, tanto por el ruido del tráfico rodado como por el ruido de fondo, que las noches de los días laborables. Lo cual estaría justificado por un mayor de actividad, tanto de vehículos como de las personas, en actividades lúdicas y de recreo durante los fines de semana y días festivos. Así mismo los enmascaramientos de las distribuciones de los L_{90n} de unas y otras, tienen que ver con los picos muy profundos en forma de V, observados y ya comentados de las noches estivales de la Figura 4.42, y de los acortamientos en los tiempos del silencio nocturno, que en ella se observaba.

4.2.3. MONITORIZACIONES DE 24 HORAS EN E-3, CON REGISTROS DE 1”

Igual que se hizo en la temporada invernal, adicionalmente a las anteriores monitorizaciones semanales con registros de 5 minutos, y con el fin de tener un análisis más detallado de la caracterización del ruido en las inmediaciones del punto de medida E-3, se realizó en la temporada estival una monitorización de una jornada completa (24 horas) de un día laboral, pero gravando los registros cada segundo, con lo cual se obtuvieron igualmente 86400 registros.

Así, en la siguiente Figura 4.53 se han representado directamente y a lo largo de esas 24 horas, los valores del nivel continuo equivalente de cada uno de los 86400 registros de 1 segundo ($LA_{eq1”}$). A la cual se le ha añadido, igual que se hizo en los registros de 5 minutos de las monitorizaciones semanales, la línea de tendencia del tipo media móvil de periodo 10. Así mismo los principales índices, y parámetros de esta monitorización pueden observarse también en la siguiente Tabla IV-6.

En dicha Figura 4.53 se observa, que las oscilaciones de los registros tienen un ancho de banda de 55 dBA, yendo de los 35 a los 90 dBA, siendo por tanto más dispersos que en invierno, en que los registros de un segundo, oscilaban entre los 32 a los 77 dBA.

Además la banda de los máximos $LA_{eq1''}$ es muy uniforme a lo largo de la jornada (aproximadamente entre 68 y 78 dBA), lo que indica que el ruido que se recoge durante 1 segundo corresponde al generado por los vehículos. Mientras que los valores mínimos de $LA_{eq1''}$ tiene muchas más variación a lo largo de la jornada (aproximadamente entre 34 y 50 dBA), debiéndose este hecho a la menor influencia de los eventos con el tráfico rodado, y mucha más influencia del ruido de fondo producidos por el resto de los eventos sonoros de la propia actividad de los residentes.

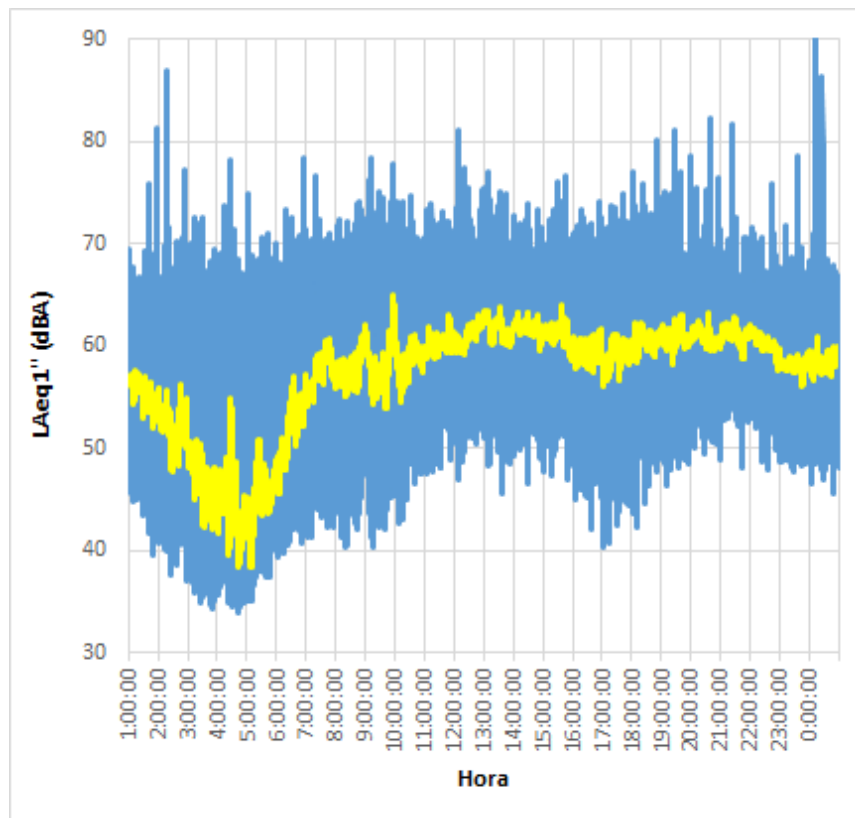


Figura 4.53. E-3: Registro de 24 h. $LA_{eq1''}$ (verano)

También se vuelve a reproducir, con mucho más resolución y detalle, su forma de U invertida, con su lado izquierdo en forma de línea recta con una fuerte pendiente positiva, una meseta con mucha variación en función de la hora de la jornada, y un lado derecho con forma de recta, pero con una pendiente negativa menos pronunciada que la anterior, es decir se vuelve a reproducir lo visto para los días laborables en las monitorizaciones semanales.

Índices	24 horas	Periodo de día	Periodo de tarde	Periodo de noche
LAeqT	61.7	62.6	62.4	59.4
LA1	69.5	70.4	68.8	67.0
LA5	66.4	67.2	66.1	63.9
LA8	65.5	66.4	65.4	62.9
LA10	65.0	65.9	65.0	62.4
LA40	60.7	62.0	61.9	55.7
LA50	59.1	60.8	61.1	53.2
LA60	57.2	59.3	60.2	50.1
LA90	44.6	51.9	55.6	39.4
LA95	40.4	48.9	54.0	37.9
LA99	36.6	44.4	50.8	36.6

Tabla IV-6. Resumen de valores de monitorización 24 horas (verano)

Así mismo, agrupando cada 1 dBA, las medidas de los niveles continuos equivalentes de 1 segundo de la jornada completa, se obtiene para este edificio el diagrama de frecuencias en %, tal como se aprecia en la siguiente Figura 4.54.

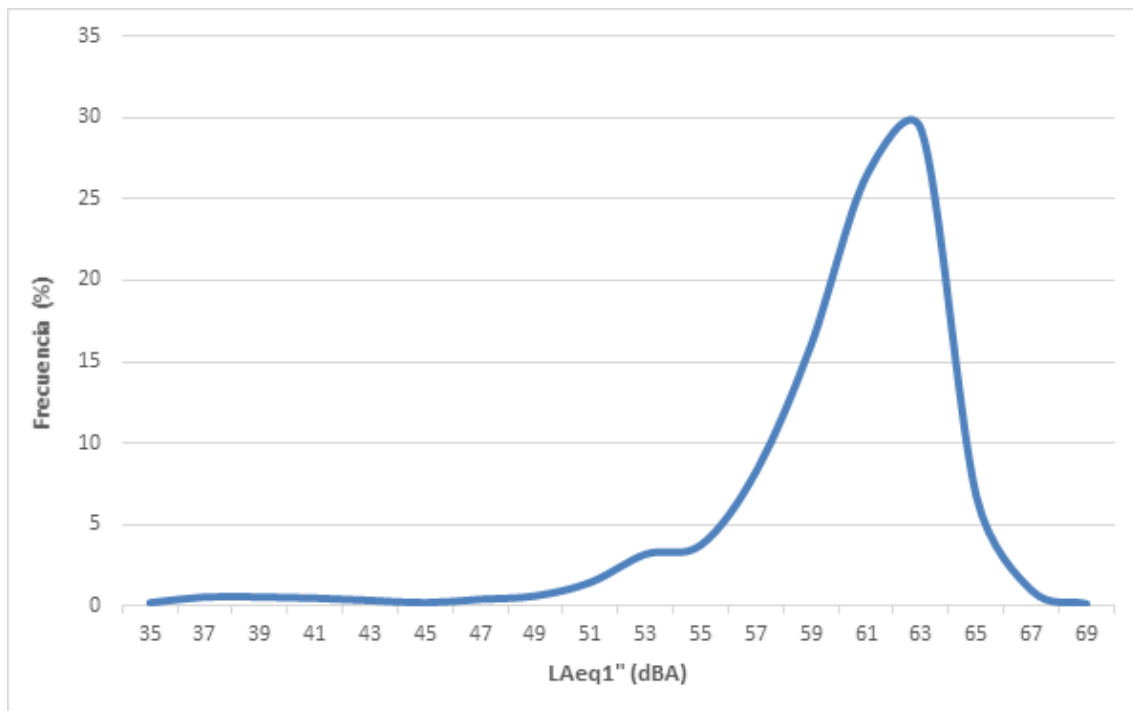


Figura 4.54. E-3 (verano): Diagrama de frecuencias % en una jornada laboral, monitoreada con registros de 1 segundo

En este diagrama se aprecian tres distribuciones de los registros: La primera con un máximo absoluto a un nivel de 62 dBA que engloba el 79 % de los registros, esta distribución oscila entre los 57 y 67 dBA. La segunda, con un máximo relativo a niveles de los 53 dBA, oscilando entre los 45 y 57 dBA, representando al 16% de los registros. Y la tercera, que corresponde al pequeño abultamiento que se aprecia a niveles de 39 dBA, y que oscilaría entre los 35 y 45 dBA, correspondiéndole el restante 5 % de los registros. La primera y segunda se superponen parcialmente. La

primera correspondería al ruido generado por el tráfico rodado de la carretera A-5052, la segunda a eventos sonoros de alto nivel (gente hablando, corta césped, perros ladrando,.. etc), y la tercera al ruido nocturno de fondo.

Este diagrama de frecuencias es comparable con el diagrama de frecuencias de la monitorización semanal, y registros de 5 minutos que se vio en la Figura 4.43 para el mismo edificio E-3, tanto en niveles de ruido, como por frecuencias, teniendo en cuenta que esta es para un solo día y laboral, mientras que la anterior era para toda la semana y por tanto suma tanto los días laborables como los no laborables.

También se ha calculado la pendiente de este día entre las 5:00 y 8:00 horas, obteniéndose un valor de: 0.289 ± 0.027 dBA/5', (equivalente a: 3.5 ± 0.3 dBA/h) que es comparable con los valores obtenidos para los días laborables en la monitorización semanal (4.3 ± 0.3 dBA/h), tal como se pudo apreciar en la Figura 4.45.

Por otro lado, en la siguiente Figura 4.55 se han representado los índices de ruido más característicos (LAeq1h, L50, etc.) de esta monitorización, a lo largo de las distintas horas de la jornada.



Figura 4.55. Índices de 24 horas

En ella se observa que el percentil L10, que representa a los eventos más sonoros durante toda la jornada, se mantiene bastante estable entre los 62 y 65 dBA, desde las 9:00 a las 23:00 horas, es decir durante los periodos de día y tarde, descendiendo

lentamente hasta los 53 dBA a las 5:00 h, momento a partir del cual vuelve a subir progresivamente hasta las 9:00 horas.

También se detecta que el nivel continuo equivalente LAeq1h y el L50 se superponen prácticamente durante los periodos de día y tarde (entre las 7:00 y 23:00 h) manteniendo ambos unos valores que oscilan entre los 60 y 63 dBA, mientras que durante el periodo de noche (entre las 23:00 y 7:00 h) estos dos índices se separan hasta más de 3 dBA. Cabe destacar la subida parcial que se produce en el LAeq1h a las 0:00 h. Analizado el registro de esa hora, se observa que ha sido debido a dos eventos puntuales que se produjeron a las 0:13 y 0:26 horas respectivamente, en el que se alcanzaron registros sonoros de más de 90 dBA en el primero, y de más de 85 dBA en el segundo. Aunque son desconocidos, por la forma de su huella y en función del tiempo de duración, es presumible suponer que correspondieron al tránsito de dos vehículos muy ruidosos, tipo motocicletas, circulando en sentido Punta Umbría.

Así mismo se observa que la gráfica del percentil L90, que representa el ruido nocturno de fondo, desciende bruscamente con un pico muy profundo hasta los niveles de los 38 dBA a las 4:00 h, lo cual da idea de que el silencio nocturno es muy corto en este punto de medida, durante la temporada estival, muy al contrario de lo que ocurría durante la invernal en que era un plató de unas 6 horas de duración.

Con el fin de analizar con más detalle y precisión, la situación acústica de cada uno de los periodos de la jornada, se han confeccionado los diagramas porcentuales de frecuencia de cada uno de ellos, en las siguientes Figuras 4.56, 4.57 y 4.58.

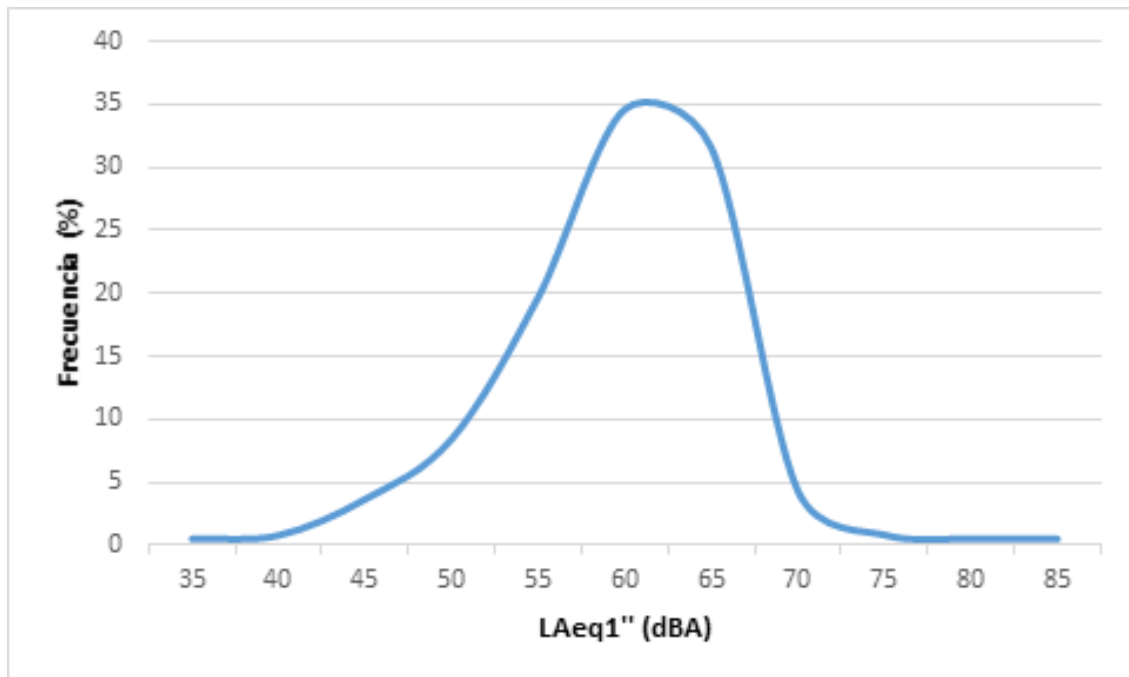


Figura 4.56. E-3 (verano): Diagrama de frecuencias %, periodo día, en una jornada laboral, monitoreada con registros de 1 segundo

En ella se distingue una única distribución, que correspondería por tanto con una única fuente de ruido. Esta distribución tiene su máximo centrado en los 61 dBA, y se correspondería con el ruido del tráfico rodado de la carretera A-5052, en la temporada estival. Por tanto se puede concluir que el tráfico de la carretera es la principal fuente de ruido en los alrededores del Punto E-3, quedando el resto de ruidos enmascarados por él y por la pequeña rampa que se observa entre los 35 y 50 dBA. Rampa que en este caso, al ser registros de solo 1 segundo no se debería a registros mixtos, si no que podría ser responsabilidad del ruido de fondo diurno, el cual estaría constituido por una gran diversidad de eventos sonoros, que irían desde los 35 dBA (tranquilidad rural) a los 50 dBA (ruido de conversación), y al ser tan variados originarían esa distribución en forma de rampa.

En la siguiente Figura 4.57, se ha representado el diagrama porcentual de frecuencias del periodo tarde.

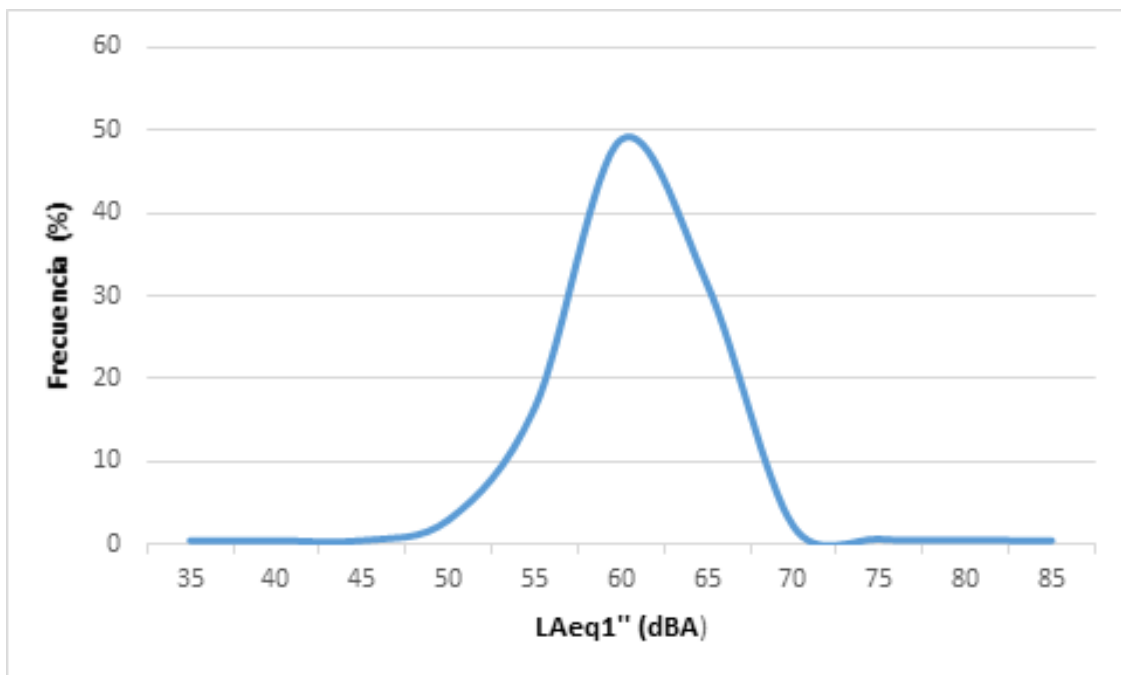


Figura 4.57. E-3 (verano): Diagrama de frecuencias % periodo tarde, en una jornada laboral, monitoreada con registros de 1 segundo

Es prácticamente una copia de la anterior, solamente se aprecia un ligero desplazamiento a la izquierda del máximo, para centrarse en los 60 dBA, y en que es más esbelta que la de día. Por tanto para el periodo de tarde se pueden sacar las mismas conclusiones que para el de día.

Por último en la Figura 4.58, se ha representado el diagrama porcentual de frecuencias para el periodo de noche.

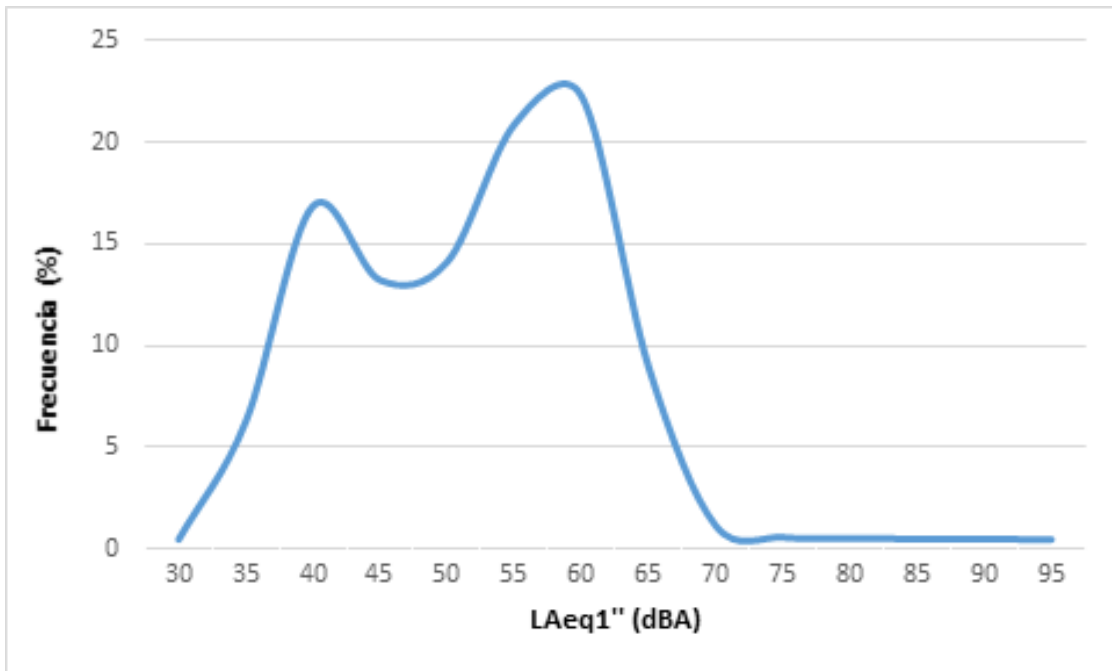


Figura 4.58. E-3 (verano): Diagrama de frecuencias % periodo noche, en una jornada laboral, monitoreada con registros de 1 segundo

Contrariamente a los anteriores, en él cabe destacar que existen dos distribuciones, aunque bastante solapadas. La primera de ellas centrada en los 40 dBA, abarcando el 43 % de los registros de 1 segundo, y que correspondería con el ruido nocturno de fondo de un día laboral, en los alrededores del punto E-3. Y la segunda centrada en los 57 dBA, abarcando el 57 % restante de los registros, y que se correspondería con el ruido del tráfico rodado de la carretera A-5052.

4.3. RESULTADOS DE COMPARACIÓN: INVIERNO-VERANO

Al comparar los resultados obtenidos anteriormente, a través de las medidas semanales de monitorización en ambos edificios (puntos de medida E-1 y E-3), y las de monitorización de 24 h en el punto de medida E-3, entre ambas temporadas, se obtuvieron diferentes gráficas como las que se representan a continuación, y a partir de la discusión y análisis de todas ellas se pudieron contrastar y sacar diversas conclusiones.

4.3.1. PUNTO E-1

Así, con las 2016 medidas semanales de 5 minutos de cada una de las temporadas, en el punto E-1, se obtuvo el gráfico radial de la siguiente Figura 4.59.

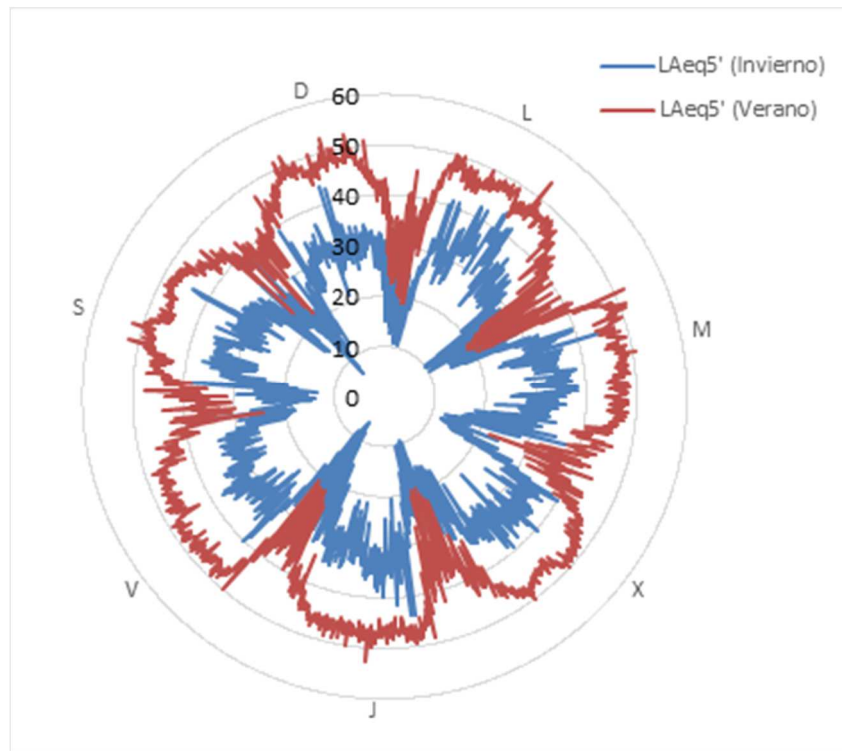


Figura 4.59. E-1: LAeq5' (invierno y verano)

En ella, lo primero que se observa es que para cualquier día de la semana, los valores de la temporada estival son, con clara diferencia, superiores a los de la temporada invernal en un valor aproximado a unos 15 dBA. Teniendo en cuenta los resúmenes de datos estadísticos semanales de las Tablas IV-1 y IV-4, podemos determinar que la diferencia entre ambas temporadas del LAeqT (semanal) se concreta en los 13.9 dBA.

Así mismo también se detecta que la banda de fluctuación de los registros de 5 minutos (durante los periodos de día y tarde), es mucho más amplia en la temporada invernal que en la estival, ello indicaría que el tráfico rodado en la c/ Avoceta durante el verano es mucho más elevado y continuo que durante el invierno, donde se alternan periodos de silencio solo alterados por momentos de ruido debidos a la circulación de algún vehículo.

Observando la Figura 4.59 con algo más de detenimiento, da también la impresión, de que la diferencia de niveles (invierno-verano) entre los días laborables es inferior a los no laborables, pero para analizar todo ello con mucho más rigor, se han representado y comparado directamente los niveles de los registros de 5 minutos medidos en verano frente a los del invierno, obteniéndose con ello la nube de puntos que se representa a continuación en la Figura 4.60.

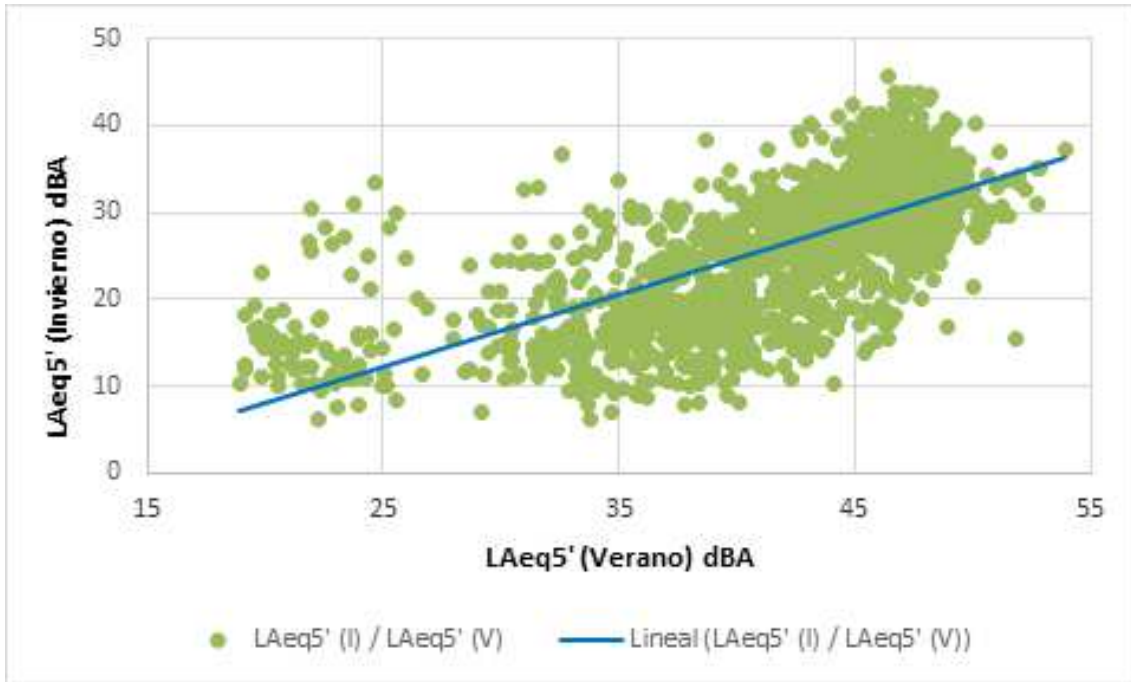


Figura 4.60. E-1: LAeq5' (I) versus LAeq5' (V)

En la Figura 4.60 se le ha añadido a la nube de puntos, la recta de regresión ajustada al 95 %, cuya ecuación es:

$$LAeq5'(i) = [0.8307 \pm 0.0189] \cdot LAeq5'(v) - [8.6 \pm 0.8]$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0.4903$.

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = \frac{S_y}{\sqrt{n}} = \frac{7.524}{\sqrt{2016}} = 0.17$

Aunque las incertidumbres de los parámetros de la recta son aceptables, (se debe tener presente el efecto de tener un muestreo con un elevado número de medidas ya que la incertidumbre de la pendiente y de la ordenada en el origen es inversamente proporcional al número de puntos experimentales), el coeficiente de determinación es bajo y por tanto la correlación no es demasiado buena.

No obstante, esta ecuación indica que a cada dBA que se incrementa el ruido en verano, le corresponde un incremento de 0.83 dBA en invierno. O lo que es lo mismo, que por cada dBA que se incrementa en invierno, le corresponde un incremento de 1.20 dBA en verano.

Si se comparan los diagramas porcentuales de frecuencia entre la temporada invernal y la estival, para el punto E-1, se obtienen las gráficas mostradas en la Figura 4.61.

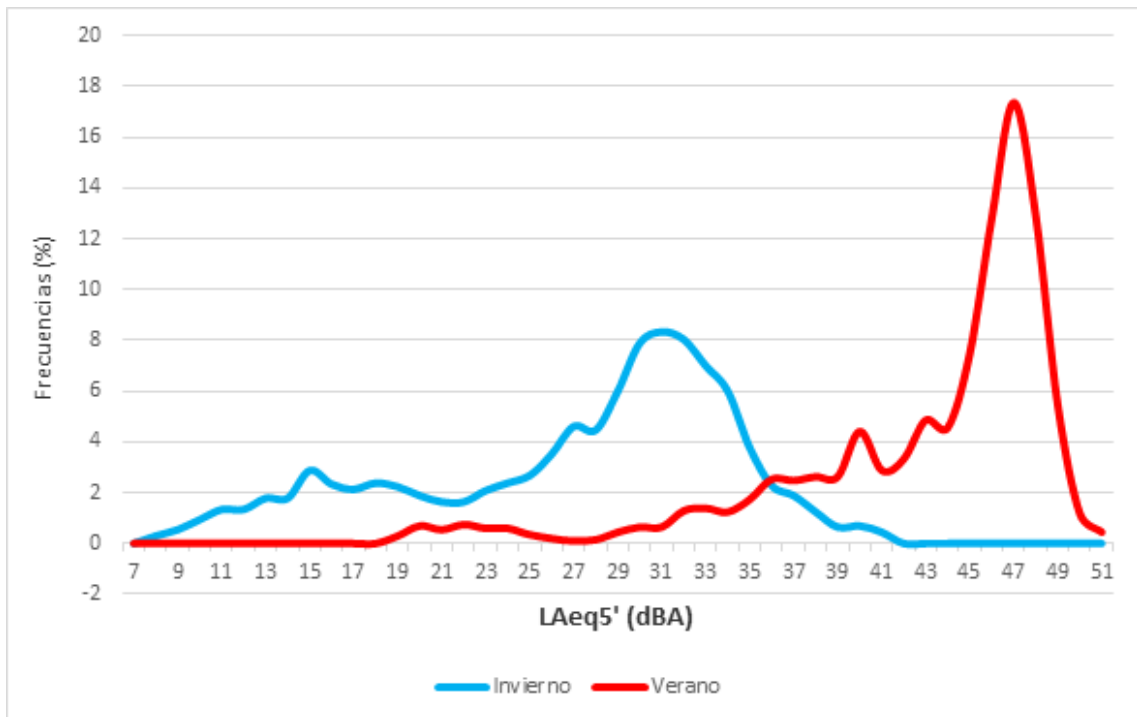


Figura 4.61. E-1: Diagramas de frecuencia en % en invierno y verano

En su análisis, se observa la forma del diagrama de frecuencias semanal del periodo invernal, con su marcado doble pico, lo cual viene a indicar que especialmente en esta temporada, se superponen dos distribuciones de frecuencias correspondientes a dos poblaciones de datos diferentes; una primera distribución corresponde a registros de alto nivel de ruido (el 76 % de ellos, tienen LAeq5' entre los 22 y 42 dBA), que se deberían fundamentalmente al ruido del tráfico rodado de la calle Avoceta, y a la posible influencia del de la carretera A-5052, que queda a unos 150 m de distancia. Mientras que la segunda distribución, correspondería a los registros de bajo nivel (el 24% de ellos, que están entre los 8 y 22 dBA), y que se asocia fundamentalmente al ruido nocturno de fondo.

Igualmente en el diagrama de frecuencias del periodo estival, aunque en menor medida, también se observan dos distribuciones de frecuencias. La del máximo absoluto que se corresponde con los altos niveles de ruido (el 96 % de los registros, que están entre 22 y 52 dB), y en este caso serían debidos fundamentalmente, al ruido del tráfico rodado de la calle Avoceta, más la posible influencia del tráfico rodado de la carretera A-5052. Y la segunda distribución, mucho más débil, a la que le correspondería solamente el restante 4 % de los registros, centrada en los 22 dBA, y que estaría asociado al ruido nocturno de fondo, así como a cualquier otro evento de bajo nivel. También se observa como el diagrama del verano tiene más crestas que la del invierno, sobre todo en los niveles intermedios existente entre el ruido nocturno de fondo y el ruido del tráfico rodado, lo cual da idea de una mayor gama de eventos sonoros, debidos en general a una mayor actividad durante esta estación del año.

De esta figura se deduce también un fuerte incremento de ruido que se produce en verano frente al invierno, tanto por el aumento de los niveles de ruido de las poblaciones de datos (los niveles altos pasan de 31 a 47 dBA, y los bajos de 15 a 22 dBA), como por el incremento de los registros de alto nivel, que pasan del 76 al 96 %, en detrimento de los de bajo nivel.

También es reseñable como en en verano existe una clara rampa escalonada de registros mixtos, mientras que en invierno ésta apenas si se aprecia. Lo cual se debería a que en invierno al ser tan bajo el tráfico de la c/ Avoceta, los eventos más silenciosos apenas tienen oportunidad de mezclarse con eventos ruidosos debidos al tráfico rodado, y por ello son muy reducidos los registros de 5 minutos contaminados” que forman esas rampa. Estando por todo ello el diagrama porcentual de frecuencias del invierno mucho más polarizado que el del verano.

Así mismo, si se comparan los niveles equivalentes de las jornadas completas (LA_{eq24h}), y trasladados a lo largo de la semana, y para cada una de las temporadas, se obtiene para dicho punto E-1, la Figura 4.62 que se representa a continuación.

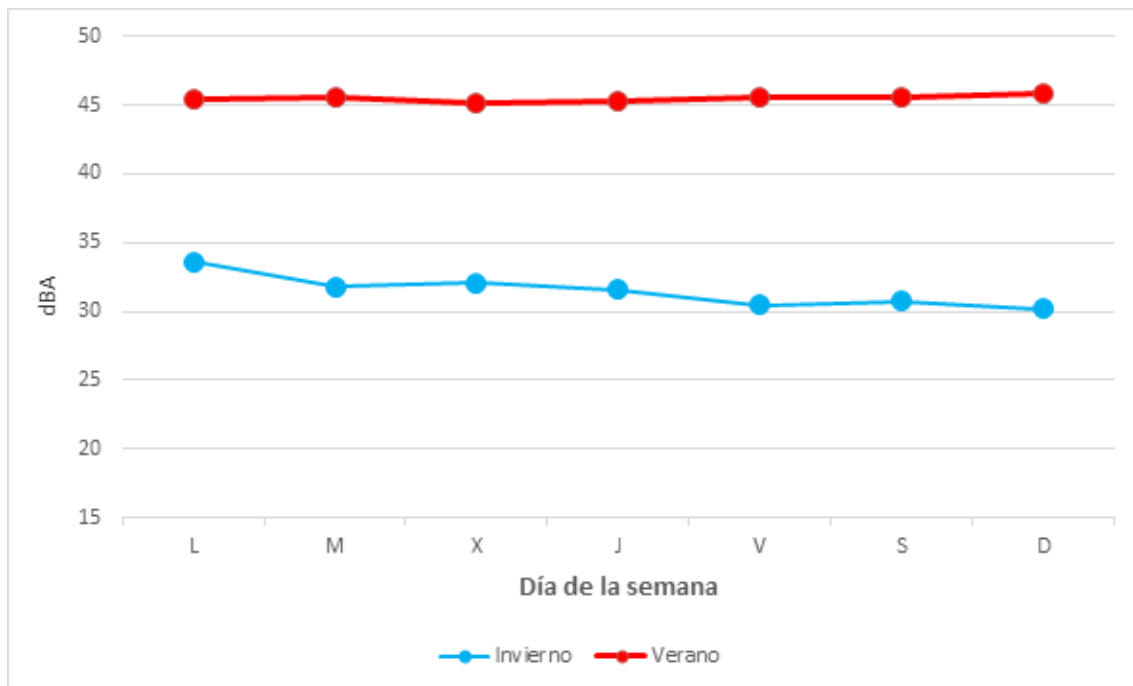


Figura 4.62. E-1: LA_{eq24h} invierno y verano a lo largo de la semana

En ella se aprecia cómo los niveles equivalentes de ruido en la temporada estival son muchos mayores que en la invernical (superiores en unos 12 dBA) para cualquier día de la semana, corroborándose con ello lo ya observado en la figura anterior.

Para evaluar ese efecto estacional, se calculará ahora la diferencia de niveles equivalentes (ΔLA_{eq24h}) para cada día de la semana, y representándolas a lo largo de la misma, se obtiene la gráfica de la Figura 4.63.

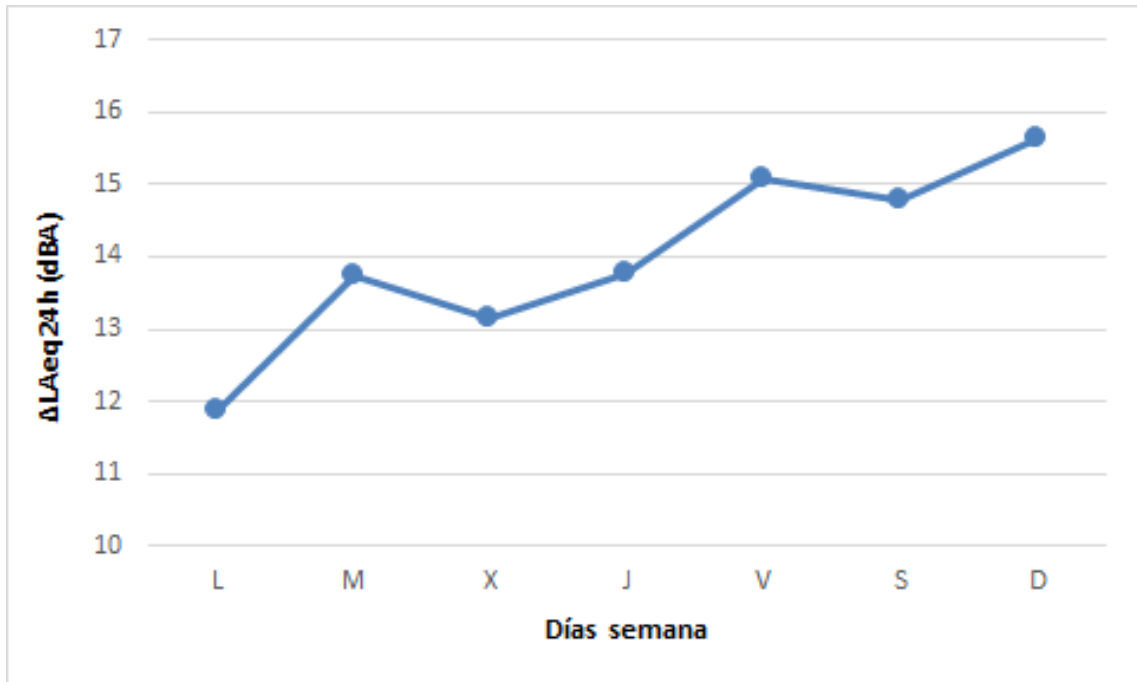


Figura 4.63. E-1: ΔLAeq24h (verano-invierno) a lo largo de la semana

Cuya diferencia media entre el verano y el invierno, y a lo largo de la semana es de: 14.0 ± 0.5 dBA (con un nivel de confianza del 95%), a favor de la temporada estival.

Por tanto la diferencia de niveles equivalentes de 24 horas entre invierno y el verano, podría expresarse cómo:

$$\Delta LA_{eq24h} = LA_{eq24h}(v) - LA_{eq24h}(i) = 14.0 \pm 0.5 \text{ dBA}$$

Y teniendo en cuenta que en un punto dado, el cuadrado de la presión acústica y la potencia de la fuente son proporcionales, tendremos que la relación de potencias acústica en el entorno del punto de medida E-1 entre el verano e invierno es igual a:

$$\frac{W(v)}{W(i)} = 10^{\frac{14.0 \pm 0.5}{10}} = 25 \pm 3$$

Ello indica que esa diferencia de $(14,0 \pm 0,5)$ dBA en el LA_{eq24h} entre verano e invierno, representa una potencia acústica en verano 25 ± 3 veces superior a la de invierno. La potencia acústica de la calle Avoceta será proporcional al flujo de vehículos, por lo que sabiendo que el aforo de vehículos de la calle Avoceta en invierno es de $60 \text{ v} \cdot \text{día}^{-1}$ y en verano de $1731 \text{ v} \cdot \text{día}^{-1}$, (ver Tabla III-6 de aforos), nos encontramos con un incremento del flujo de tráfico en verano del orden de 29 veces superior al del invierno. Este valor es similar al cociente de potencias obtenido a partir de la diferencia media de niveles equivalentes de 24 horas entre verano e invierno, y que es 25, considerando las incertidumbres experimentales. Por tanto,

este resultado confirma que el ruido de tráfico en la c/ Avoceta, es la principal fuente de ruido de la zona que circunda al punto E-1.

Además, estos resultados coinciden con lo indicado en *Noise Pollution; capítulo 12: "Road Traffic Noise: Generation, Propagation and Control"* (Lamure, 1986): de que la componente debida a la densidad del tráfico (Q en veh· h⁻¹) del ruido de una carretera, responde a la función:

$$L_{eq} = L_0 + 10 \cdot \log Q$$

Por tanto:

$$LA_{eq}(v) - LA_{eq}(i) = 10 \cdot \log \frac{Q_v}{Q_i} = 10 \cdot \log \frac{72.1}{2.5} = 14.6 \text{ dBA}$$

Que difiere en solo 0.6 dBA de la diferencia media obtenida en la monitorización.

Si se comparan ahora las gráficas de las pendientes de invierno y de verano, de los niveles de ruido LAeq5' medidos entre las 5:00 y 8:00 horas en cada uno de los días de la semana, se obtienen unos valores muy similares para ambas estaciones, distinguiéndose claramente las diferencias entre los días laborales y no laborales (ver Figura 4.64).

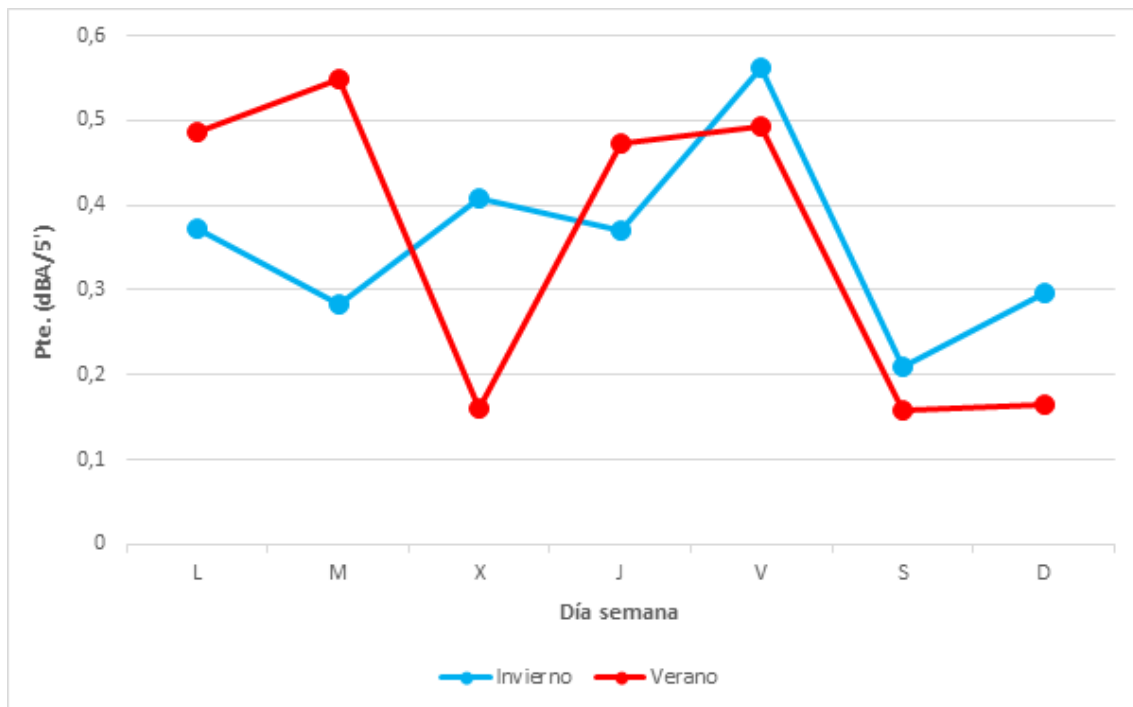


Figura 4.64. E-1: Pendientes (5:00-8:00) invierno y verano a lo largo de la semana

Se puede apreciar que en general ambas pendientes oscilan aleatoriamente en torno a un valor medio durante los días laborales, y disminuyen durante los días no laborales. Así, durante los días laborales (9 valores) se obtiene un media de: 0.44 ± 0.03 dBA/5' (equivalente a: 5.3 ± 0.4 dBA/h), mientras que para no laborales (5 días, ya que el miércoles de verano fue festivo), el valor medio es de: 0.20 ± 0.03

dB(A)/5' (equivalente a: 2.4 ± 0.4 dB(A)/h, los cuales estadísticamente son distintos a un nivel de confianza del 95%. Por tanto, se puede afirmar que el patrón de comportamiento del tráfico en ambas temporadas es similar.

Otro hecho destacable en la Figura 4.64, es que durante los días laborables la pendiente del verano supera a la de invierno, mientras que durante los días no laborables es al contrario.

Para analizarlo todo ello con más detalle se ha calculado la diferencia diaria de pendientes a lo largo de la semana, evitando el miércoles por haber sido festivo en verano, obteniéndose con ellas la gráfica de la siguiente Figura 4.65, en la que se ha representado esas diferencias diarias de pendientes, a lo largo de la semana, con un nivel de confianza del 85 %.

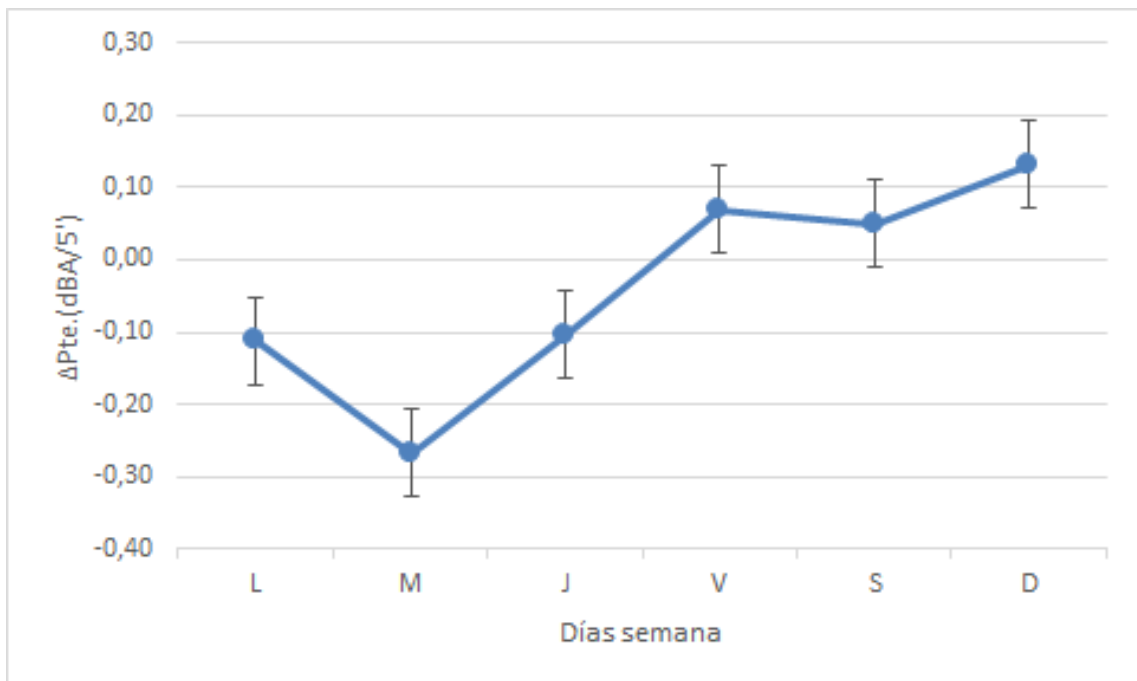


Figura 4.65. E-1: Δ Pendiente (5:00-8:00) invierno y verano a lo largo de la semana con un nivel de confianza del 95 %

De ella se deduce que la diferencia media entre el invierno y el verano, a lo largo de la semana es de: -0.102 ± 0.07 dB(A)/5' (equivalente a: -1.2 ± 0.8 dB(A)/h) para los días laborables, y de: 0.009 ± 0.02 dB(A)/5' (equivalente a: 1.1 ± 0.2 dB(A)/h) para los días no laborables, ambas con un nivel de confianza del 95% y a favor de la temporada invernal. Este diferente comportamiento entre los días laborables y festivos podría estar motivado porque en el edificio E-1 y sus alrededores, no viven apenas vecinos permanentemente durante el invierno, y por tanto el tráfico que se pueda producir los días laborables en la temporada invernal, está muy poco influenciado por motivos laborales, y más por motivos más aleatorios, que concentran menos el tráfico de esas horas y por tanto dan menos pendiente que en verano cuando si residen de

manera temporal, y deben acudir a sus puestos de trabajo en Huelva, u otras localidades cercanas. Por ese mismo razonamiento, durante el fin de semana, se invierte la tendencia y pasa a dominar la pendiente del invierno, ya que en estos días el tráfico está dominado por los vecinos que van a pasar los fines de semana a sus residencias de El Portil, y además de paralelas están muy próximas en esos días, al ser muy similares sus hábitos y comportamientos tanto en invierno que en verano.

4.3.2. PUNTO E-3

Igual que se hizo en el punto E-1, en el siguiente gráfico radial se muestran las 2016 medidas semanales de 5 minutos de cada una de las temporadas para el punto de medida E-3 (Figura 4.66).

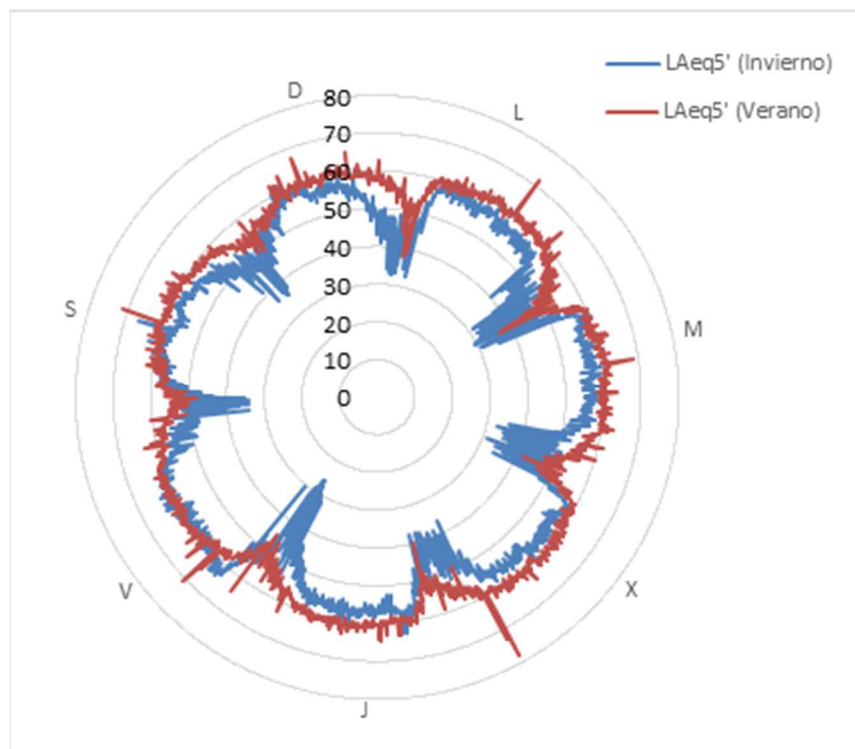


Figura 4.66. E-3: LAeq5' (invierno y verano)

En ella puede observarse como en general, para cada uno de los días de la semana los valores de la temporada estival son superiores a los de la temporada invernal, pero en este caso están mucho más próximas entre sí, que en el punto E-1. Teniendo en cuenta los resúmenes de datos estadísticos semanales de las Tablas IV-2 y IV-5, podemos determinar que la diferencia entre ambas temporadas del LAeqT (semanal) es para este edificio de solo 3.4 dBA, frente a los 13.9 dBA del punto E-1. Representando ahora las medidas LAeq5' correspondientes a los 2016 registros del invierno frente a las 2016 registros del verano, se obtiene la nube de puntos que se representa en la Figura 4.67, a la cual además se le ha añadido la correspondiente recta de regresión.

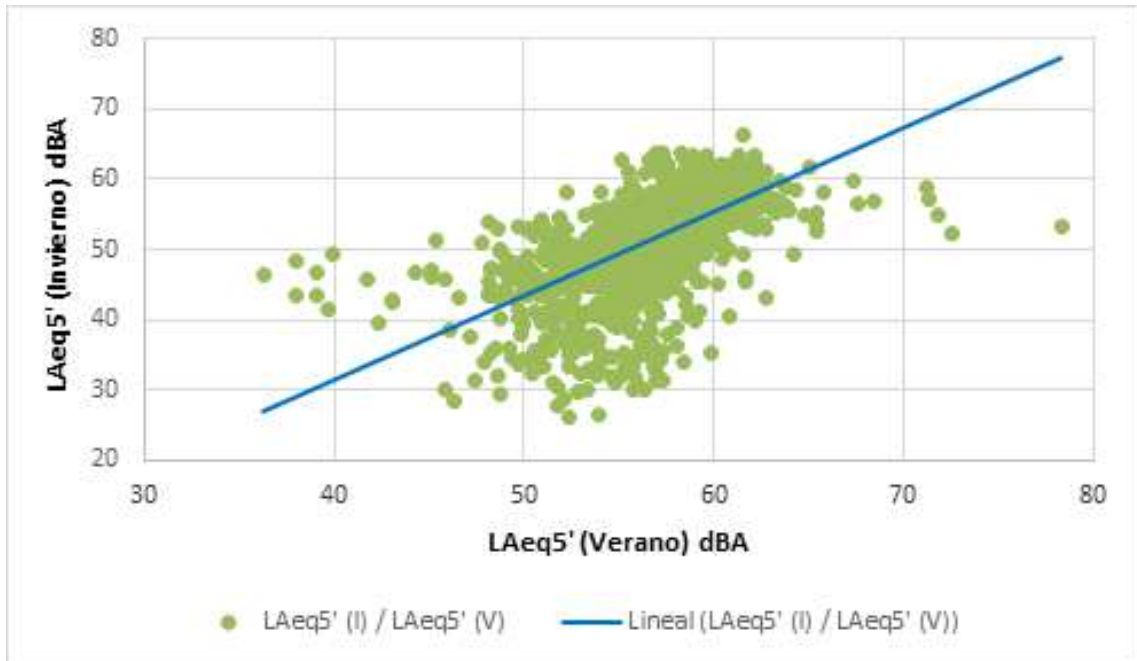


Figura 4.67. E-3: LAeq5' (I) versus LAeq5' (V)

Recta de regresión ajustada, con un nivel de confianza del 95%, y cuya ecuación es:

$$LAeq5'(i) = [1.1997 \pm 0.0360] \cdot LAeq5'(v) - [16.5 \pm 1.8]$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0.4325$.

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = \frac{S_y}{\sqrt{n}} = \frac{6.486}{\sqrt{2016}} = 0.14$

Observando la nube de puntos de la anterior figura, se detecta que tiene dos extremos muy curiosos. En el extremo derecho existen valores muy altos en verano que en invierno no suben, y en el extremo izquierdo valores muy bajos en verano que en invierno no bajan. Analizados los registros de estos puntos, se detecta que los del extremo derecho están asociados con los eventos ya reseñados en el punto 4.2.2 y que corresponden a: convoyes de bomberos, anuncio del circo, ambulancias, etc. Mientras que los del extremo izquierdo, se corresponden con las horas de mayor silencio (de 4:43 a 5:43 h) del martes estival, que aleatoriamente en esas mismas horas durante el martes invernal se produjeron registros más elevados, como consecuencia por ejemplo de un mayor tránsito de vehículos.

Si se comparan los diagramas porcentuales de frecuencia entre la temporada invernal y la estival, para el punto E-3, se obtienen las curvas mostradas en la Figura 4.68.

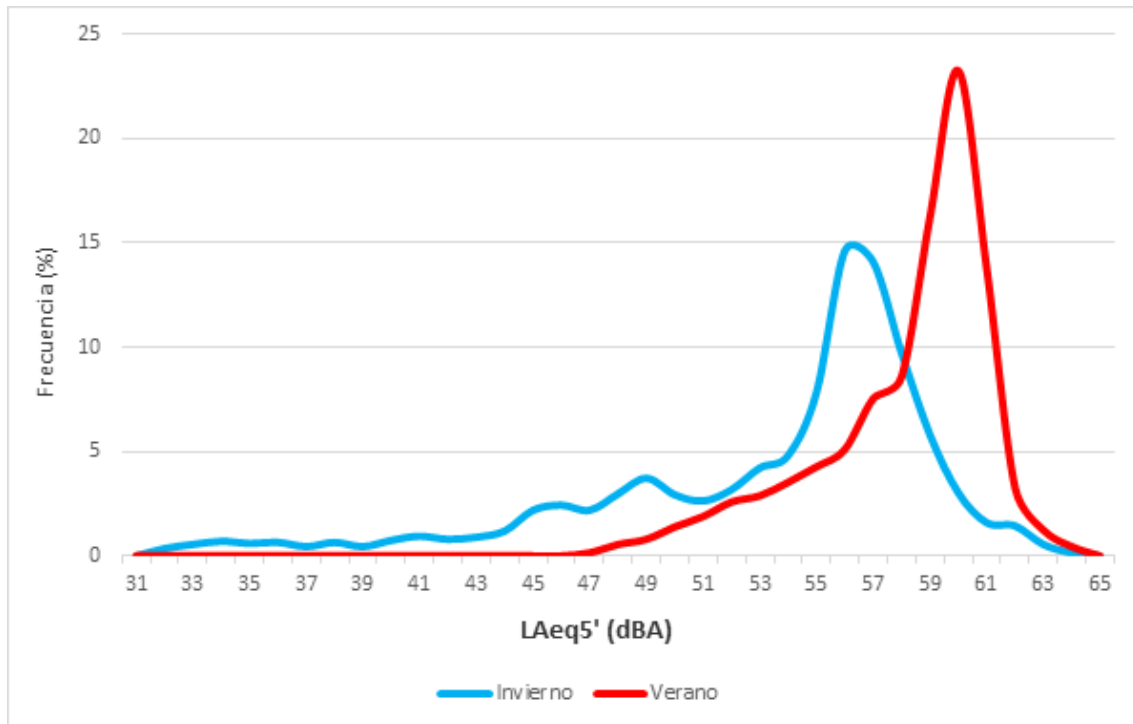


Figura 4.68. E-3: Diagramas de frecuencia en % en invierno y verano

De su análisis se vuelve a observar, aunque menos pronunciado que el diagrama correspondiente al invierno tiene de una forma con dos máximos relativos, lo cual indica que especialmente en invierno, se superponen dos distribuciones de frecuencias correspondientes a dos poblaciones de datos diferentes; una primera distribución correspondería a eventos de alto nivel de ruido (el 72 % de ellos, que tienen LAeq5' entre los 51 y 65 dBA), y que se deberían fundamentalmente al ruido del tráfico rodado de la travesía de la carretera A-5052. Mientras que la otra distribución, correspondería a eventos de bajo nivel (con solo el 4 % de los eventos, que están entre los 31 y 39 dBA), que se correspondería fundamentalmente, con el ruido nocturno de fondo. Los restantes registros (entre 39 y 52 dBA) conforman la referida rampa escalonada de registros mixtos, como consecuencia de ser la duración de los registros (5 minutos) mucho mayor que la duración de los eventos.

Por el contrario la gráfica de frecuencias del periodo estival nos indica que solamente tiene un máximo, lo que nos informa claramente de que la distribución es prácticamente única y se corresponde a altos niveles de ruido (el 74 % de los registros que están entre 57 y 64 dBA). El casi indetectable ruido de fondo que estaría situado alrededor de los 39 dBA (con solo el 0.3 % de registros). Y una rampa de registros mixtos, debida de nuevo a que la duración de los registros (5 minutos) es mucho mayor que la duración de los eventos, correspondiéndole el restante 25.7 % de los registros, yendo de los 47 a 57 dBA, y que es la responsable de enmascarar casi totalmente a la distribución del ruido nocturno de fondo.

Además en este punto de medida, ambos diagramas porcentuales de frecuencia tienen rampas escalonadas de registros mixtos.

Así mismo, si se comparan los niveles equivalentes de las jornadas completas (LA_{eq24h}), y trasladados a lo largo de la semana, y para cada una de las temporadas, se obtiene para dicho punto E-3, la Figura 4.69, que se representa a continuación.

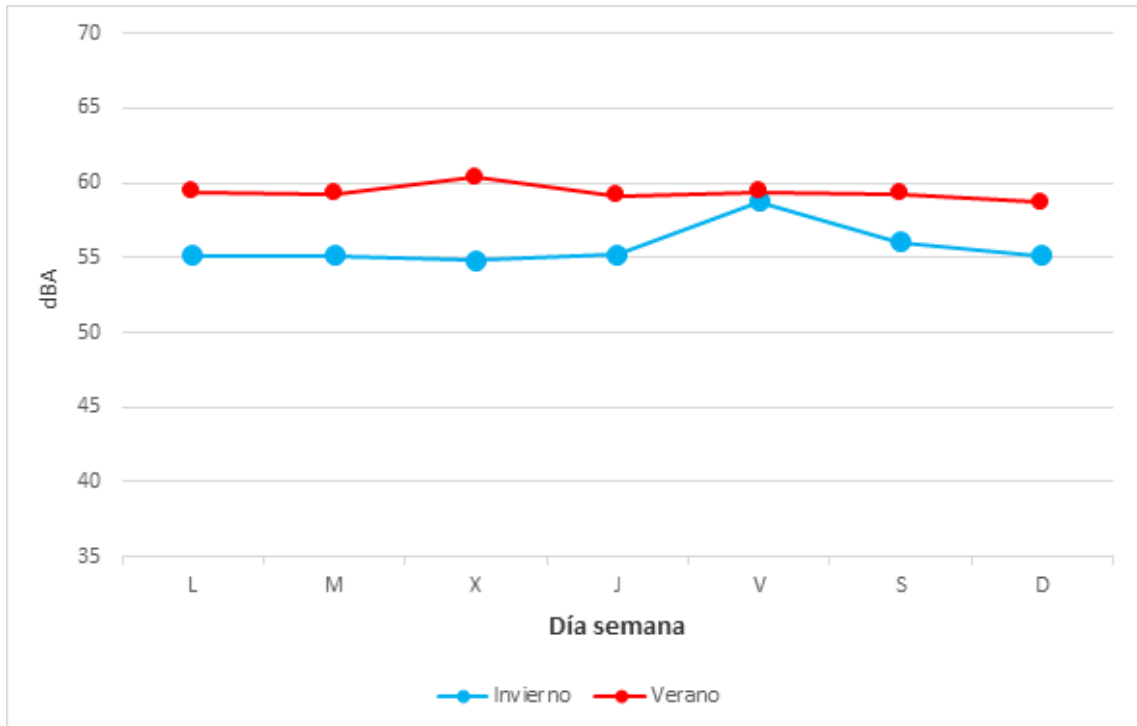


Figura 4.69. E-3: LA_{eq24h} invierno y verano, a lo largo de la semana

En ella se aprecia cómo los niveles equivalentes de ruido del punto E-3, en la temporada estival son de nuevo mayores (del orden de unos 4 dBA), que en la invernal para cualquier día de la semana. Pero esa diferencia es mucho menor de lo que se vio para el punto E-1 que era de 14 dBA. Conviene además reseñar como esas dos líneas son bastante paralelas a lo largo de la semana, lo que indicaría que esa diferencia se mantiene constante, excepto el viernes, en que su aproximación es muy notoria. Esa aproximación estaría motivada por la lluvia caída durante toda la jornada del viernes de la temporada invernal (30/11/2012), tal como ya se indicó en el apartado 4.1.2. Además ese paralelismo también se rompe el miércoles, en este caso se debe, a que en la temporada estival el miércoles se produjeron los eventos relacionados con los convoyes de bomberos, tal como se indicó en el punto 4.2.2.

Igual que se hizo para el punto E-1, si para este punto E-3 se calcula la diferencia de niveles equivalentes (ΔLA_{eq24h}) para cada día de la semana, excluyendo el viernes por los motivos aducidos anteriormente, y de nuevo se representa esas diferencias a lo largo de la misma, se obtiene la gráfica de la Figura 4.70.

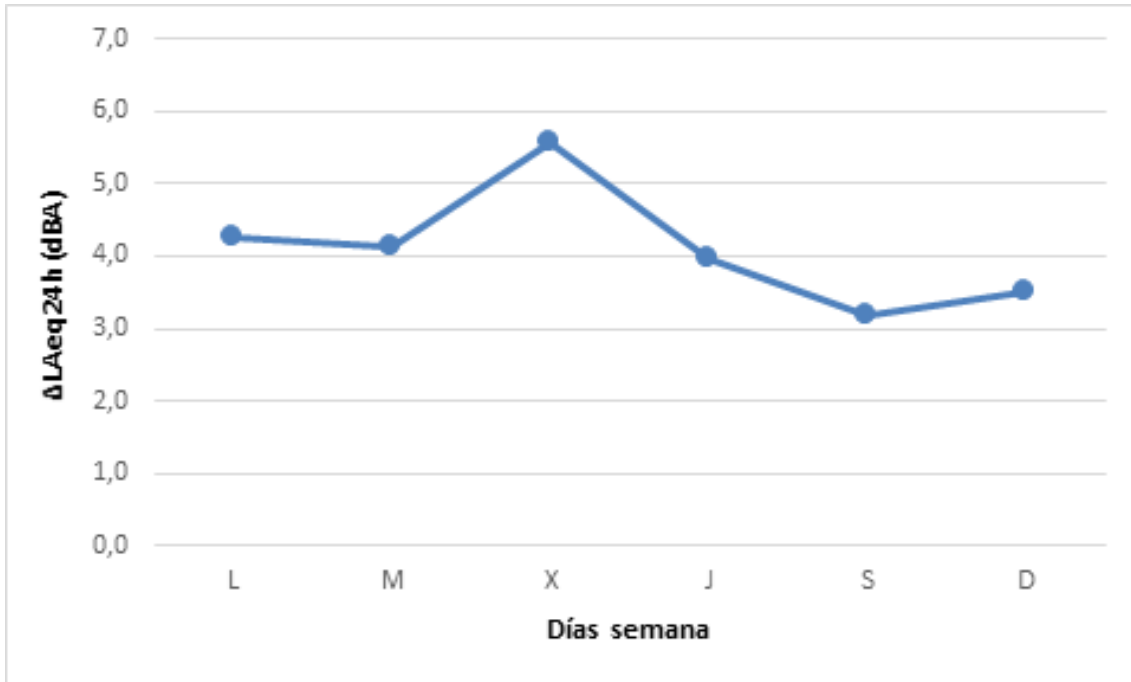


Figura 4.70. E-3: ΔLA_{eq24h} (verano-invierno) a lo largo de la semana

En la cual se observa que esas diferencias oscilan entre los 3 y 5.8 dBA. Y calculando la diferencia media entre el verano y el invierno, y a lo largo de la semana, se ve que es de: 4.1 ± 0.3 dBA (con un nivel de confianza del 95%), a favor de la temporada estival.

Por tanto la diferencia de niveles equivalentes de 24 horas entre invierno y el verano, para el punto E-3, podría expresarse cómo:

$$\Delta LA_{eq24h} = LA_{eq24h}(v) - LA_{eq24h}(i) = 4.1 \pm 0.3$$

Y teniendo en cuenta que en un punto dado, el cuadrado de la presión acústica y la potencia de la fuente son proporcionales, tendremos que la relación de potencias acústica en el entorno del punto de medida E-3 entre el verano e invierno es igual a:

$$\frac{W(v)}{W(i)} = 10^{\frac{4.1 \pm 0.3}{10}} = 2.6 \pm 0.2$$

Por lo que, esa diferencia de (4.1 ± 0.3) dBA en el LA_{eq24h} entre verano e invierno, representa, en las proximidades del punto E-3, una potencia acústica en verano (2.6 ± 0.2) veces superior a la de invierno. Como la potencia acústica del tráfico rodado es proporcional al flujo de vehículos, por lo que sabiendo que el aforo de vehículos de la carretera A-5052 en invierno es de $4186 \text{ v}\cdot\text{día}^{-1}$ y en verano de $12233 \text{ v}\cdot\text{día}^{-1}$, (ver Tablas III-3 y III-4 de aforos), nos encontramos con un incremento del tráfico 3 veces superior en verano al del invierno, valor que es similar al valor de 2.6 del cociente de potencias obtenido a partir de la diferencia media de niveles equivalentes de 24 horas entre verano e invierno. Ello de nuevo justificaría que el ruido de tráfico

rodado de la carretera A-5052, es la principal fuente de ruido en las inmediaciones del punto de medida E-3.

Si igual que se hizo para el punto E-1, se analiza la función de la diferencia de niveles equivalentes debidas al tráfico, de acuerdo con la propuesta de (Lamure, 1986), en función de la densidad del tráfico (Q en veh· h⁻¹):

$$LA_{eq}(v) - LA_{eq}(i) = 10 \cdot \log \frac{Q_v}{Q_i}$$

Por tanto:

$$LA_{eq}(v) - LA_{eq}(i) = 10 \cdot \log \frac{Q_v}{Q_i} = 10 \cdot \log \frac{509.7}{174.4} = 4.7 \text{ dBA}$$

Que difiere también, como ocurrió en el punto E-1, en solo 0,6 dBA de la diferencia media de la monitorización.

Si se comparan las gráficas de las pendientes de invierno y de verano, de los niveles de ruido LAeq5' medidos entre las 5:00 y 8:00 horas en cada uno de los días de la semana, se obtiene las gráficas de la Figura 4.71.

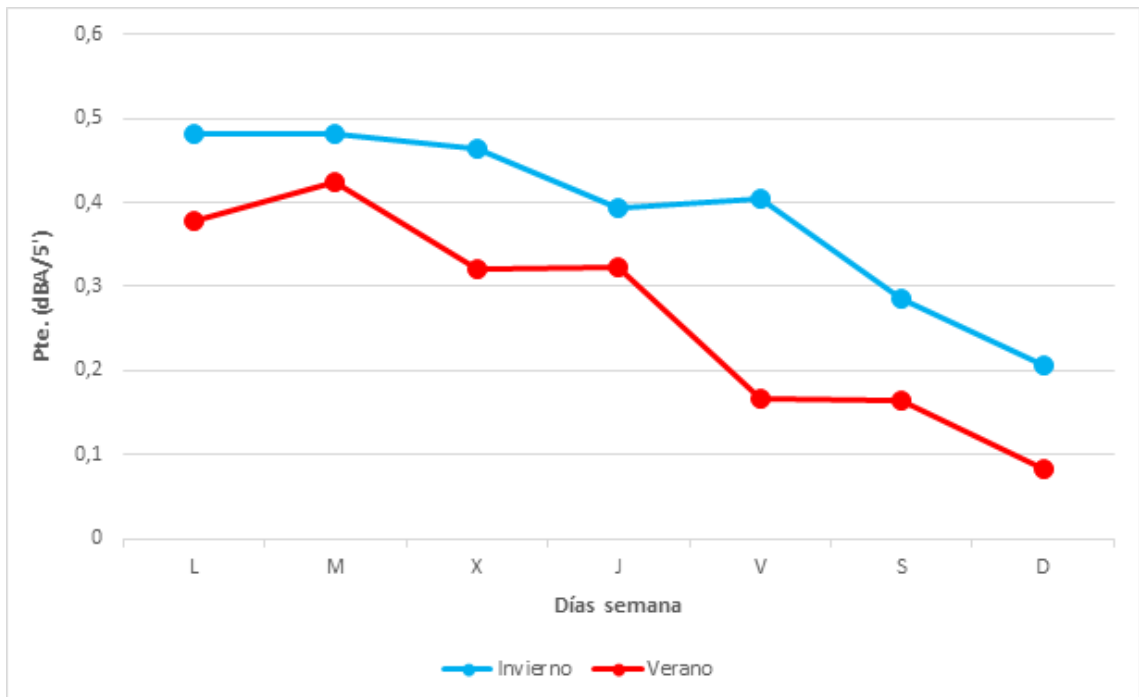


Figura 4.71. E-3: Pendientes (5:00-8:00) invierno y verano a lo largo de la semana

Se puede apreciar que en general ambas gráficas son bastante paralelas y muy próximas entre sí, excepto el viernes, y por dos motivos: porque el viernes de la temporada estival (03/08/2012) fue festivo con una pendiente más plana, y porque el viernes de la temporada invernal (30/11/2012) cayó lluvia durante toda la jornada, lo cual hizo que la pendiente de ese día repuntara, tal como ya se justificó en el apartado 4.1.2. Además en este caso, durante los días laborables (9 valores), se obtiene una media de: 0.41 ± 0.02 dBA/5' (equivalente a: 4.9 ± 0.2 dBA/h), mientras que para no laborales (5 días, ya que el viernes de verano fue festivo), el valor medio es de: 0.18 ± 0.03 dBA/5' (equivalente a: 2.2 ± 0.4 dBA/h), los cuales estadísticamente son distintos a un nivel de confianza del 95%. Por tanto, se puede afirmar que el patrón de comportamiento del tráfico en ambas temporadas es similar.

Otro hecho destacable en la Figura 4.71, es que a lo largo de la semana, las pendientes durante la estación invernal, son ligeramente superiores a las de la estival. En la siguiente Figura 4.72 se ha representado la diferencia de pendientes por días semanales entre ambas temporadas, evitando el viernes por motivos anteriormente indicados.

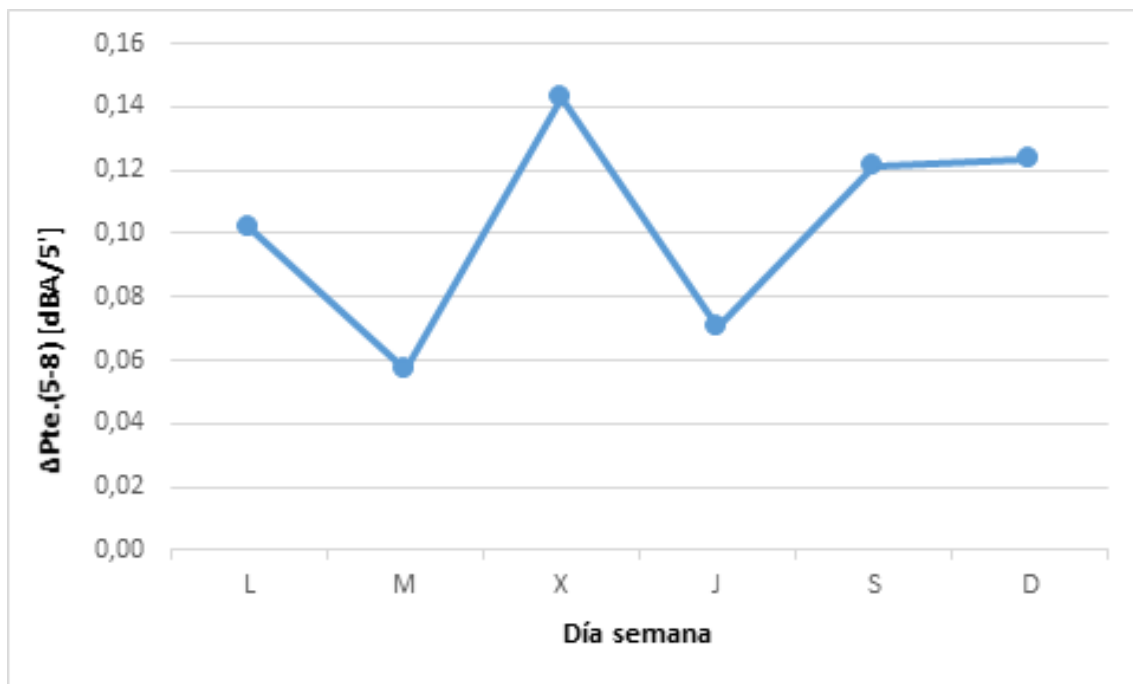


Figura 4.72. E-3: ΔPendiente (5:00-8:00) invierno y verano a lo largo de la semana con un nivel de confianza del 95 %

Estimada la diferencia media entre la temporada invernal y la estival, y a lo largo de la semana para los días laborables, se ha visto que es de: 0.09 ± 0.02 dBA/5' (equivalente a: 1.1 ± 0.2 dBA/h) para los días laborables, y de: 0.12 ± 0.00 dBA/5' (equivalente a: $-1,4 \pm 0.0$ dBA/h) para los días no laborables, ambas con un nivel de confianza del 95% y a favor de la temporada invernal.

Diferencia que a pesar de ser pequeña, podría estar justificada porque en invierno y a estas horas de la mañana el tráfico, aunque es menor que en verano, está motivado fundamentalmente por los referidos motivos laborales de los residentes

que viven todo el año en El Portil, mientras que en verano, aunque el tráfico es mayor, tiene otras muchas más motivaciones, como son las actividades lúdicas, que dan menos progresividad del tráfico por ser más aleatorias, dando por tanto menor pendiente.

Comparando día a día las pendientes de ambas temporadas, evitando igualmente el viernes, se obtiene el diagrama de dispersión mostrado en la Figura 4.73.

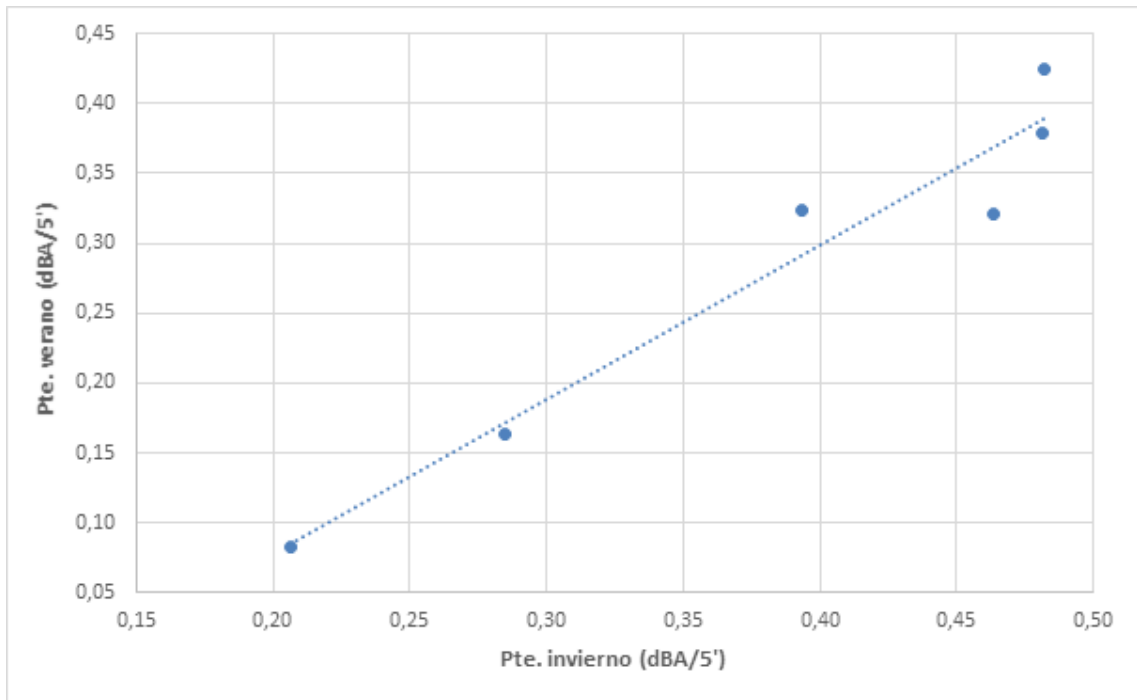


Figura 4.73. E-3: Pendiente (invierno) vs Pendiente (verano) excluido el viernes

Gráfica a la que se le ha añadido la recta ajustada de regresión, con un nivel de confianza del 95%, cuya ecuación es:

$$Pte. (v) = [1.1077 \pm 0.1333] \cdot Pte. (i) - [0.14 \pm 0.05]$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0.9452$.

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = \frac{S_y}{\sqrt{n}} = \frac{0.132}{\sqrt{6}} = 0.05$

Para analizar la incertidumbre de la ordenada en el origen:

$$b_0 \pm t_{\alpha/2, n-2} \cdot S = 0.14 \pm t_{0.025, 4} \cdot 0.05 = 0.14 \pm 0.14$$

Lo cual viene a indicar que esta ordenada distinta de cero no es significativa, y por tanto que las pendientes de invierno y verano están perfectamente correlacionadas, y que no dependen de la intensidad del nivel de ruido

Por otro lado, los valores de R^2 y SE que indican que el ajuste es bastante bueno, y con ello que el patrón de comportamiento de la fuente principal de ruido (el tráfico rodado de la travesía de la carretera A-5052) es prácticamente el mismo en verano que en invierno, cambiando solamente la intensidad de ese tráfico entre ambas estaciones.

También se puede concluir que por cada $\text{dBA}/5'$ que se incrementa la pendiente en invierno, le corresponde un incremento de $1.11 \text{ dBA}/5'$ a la pendiente en verano. O lo que es lo mismo, que por cada $\text{dBA}/5'$ que aumenta la pendiente en verano, le corresponde un incremento de $0.90 \text{ dBA}/5'$ a la pendiente en invierno.

4.3.3. PUNTO E-3, 24 HORAS, Y REGISTROS DE 1"

Igual que se hizo con las monitorizaciones semanales, tanto en el punto E-1 como en el E-3, en el siguiente gráfico radial de la Figura 4.74 se han representado las 86200 medidas de 1" de las monitorizaciones de 24 horas en el punto E-3, en ambas temporadas. Los resultados de este estudio están aceptados para publicación en Applied Acoustic (Sánchez-Sánchez, et al., 2015) .

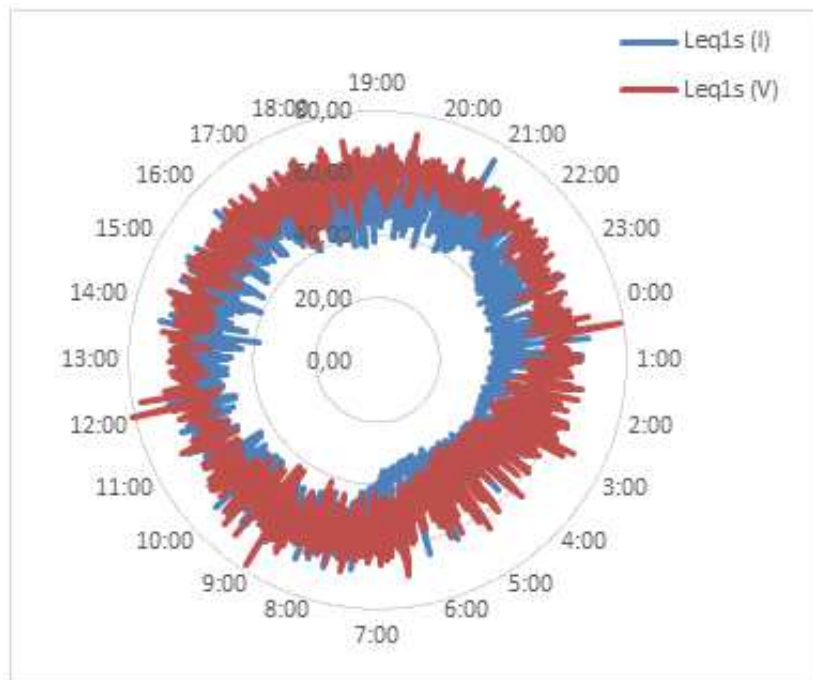


Figura 4.74. E-3: $L_{Aeq1''}$ (Invierno y Verano) de monitorizaciones de 24 h y registros de 1"

Puede observarse en ella, como en general durante toda la jornada, excepto algunos eventos muy puntuales, los valores máximos en la temporada estival son superiores a los máximos de la temporada invernal. Mientras que por el contrario los valores mínimos, son en general más bajos los de la temporada invernal, que los de la

estival. Lo cual corrobora lo ya observado en el punto 4.3.2 de las monitorizaciones semanales, y en cualquiera de los días laborables de la semana.

Teniendo además en cuenta los resúmenes de datos estadísticos de las monitorizaciones de 24 horas, expresados en las Tablas IV-3 y IV-6, se puede determinar que la diferencia entre ambas temporadas del LAeqT (24 horas) es de 4.6 dBA.

A continuación se representa a título de ejemplo en la siguiente Figura 4.75, la firma acústica de un solo vehículo, confeccionada a intervalos de 1 segundo, que es la duración de los registros en estas monitorizaciones.

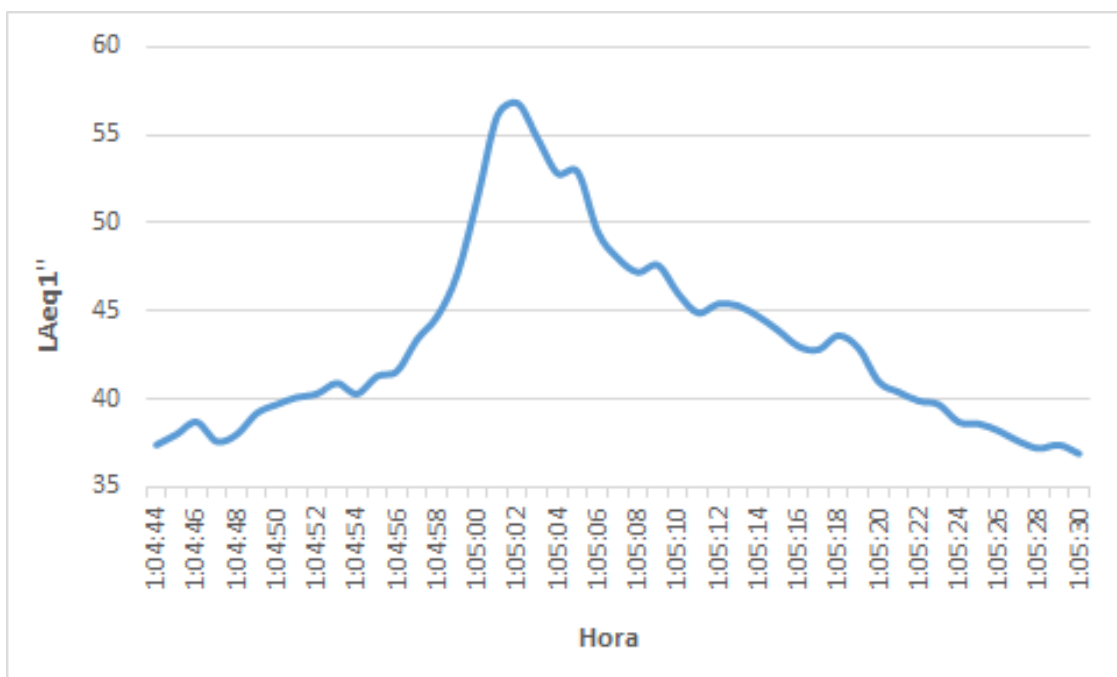


Figura 4.75. Firma acústica de un solo vehículo, monitorizada con registros de 1".

En ella se observa la típica firma o huella acústica idealizada de un vehículo pasando a una velocidad constante (v) frente a un punto de observación, separado por una distancia (d) de la trayectoria, en su versión logarítmica (Miyara, 2000). Donde los valores de los niveles equivalentes de 1 segundo, varían entre los 37 y 57 dBA.

Representando conjuntamente la gráficas de frecuencias de las dos monitorizaciones de 24 horas en el punto de medida E-3, correspondientes a las dos temporadas, se obtiene la Figura 4.76.

Analizando esta figura, se observa como hecho más relevante que el diagrama de frecuencias del invierno tiene dos máximos relativos, y por tanto asociado a ellos se puede afirmar que existen dos funciones de distribución de los eventos sonoros,

mientras que en la del verano prácticamente sólo hay un máximo, y por lo tanto sólo una función de distribución de frecuencias. El primer máximo de invierno aparece alrededor de 37 dBA, y correspondería a los eventos acústicos nocturnos distintos al tráfico rodado. Este ruido nocturno puede asignarse como ruido de fondo procedente de múltiples y pequeñas fuentes de ruido en El Portil y de la naturaleza que lo rodea. Mientras que el segundo pico, centrado a los 58 dBA, se correspondería principalmente a una distribución debida a la fuente de ruido producida por el tráfico rodado de la carretera A-5052.

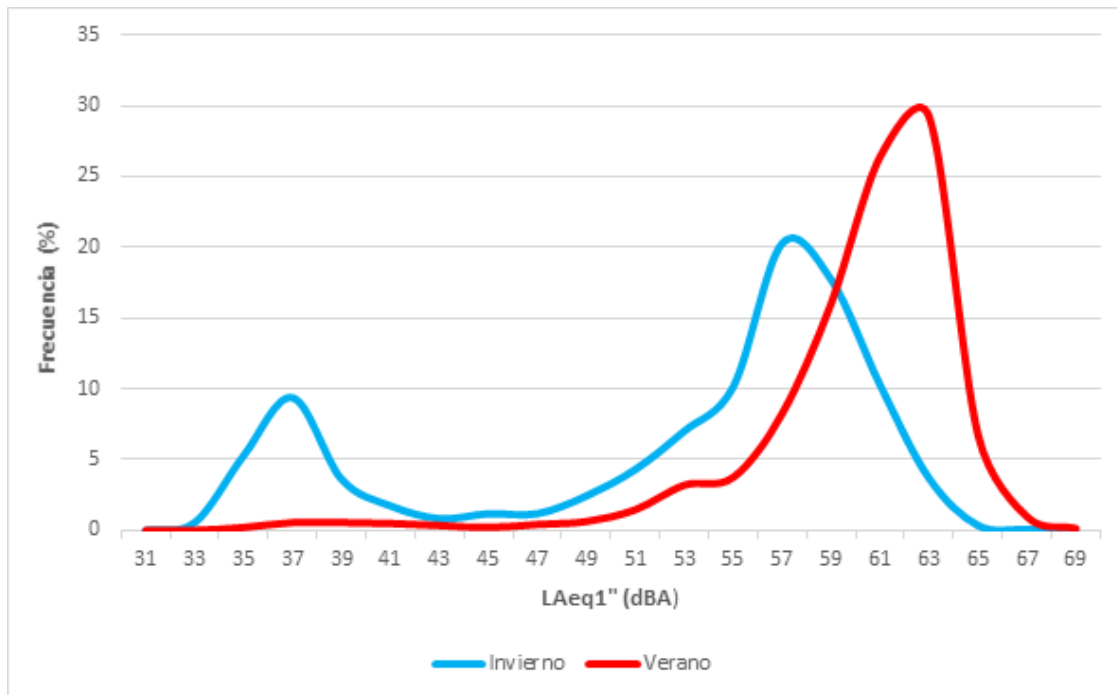


Figura 4.76 E-3 (invierno-verano): Diagramas de frecuencias % en una jornada laboral, monitoreada con registros de 1"

Puede observarse cómo este pico a un nivel de 58 dBA se corresponde prácticamente con el nivel máximo de la firma acústica de un solo vehículo. Es evidente que cuando el tráfico es muy intenso, como ocurre en el periodo estival, este pico se desplace a valores más altos, porque existirán muchos registros en los que se superpongan los ruidos de varios vehículos.

También puede observarse, como aproximadamente el 78% de las mediciones individuales de 1 segundo pertenecen a esta última distribución, que va desde los 43 dBA a los 65 dBA. Mientras que el 22% restante, que van desde los 32 dBA a los 43 dBA, correspondería al referido ruido nocturno de fondo, el cual tendría una duración de aproximadamente 5 horas (de 1:00 a 6:00 h), tal como se vio en la Figura 4.24.

Por el contrario, la distribución de frecuencias para el período de verano tiene un solo máximo absoluto, que se correspondería con el ruido del tráfico rodado de la carretera A-5052, estando situado alrededor de los 63 dBA, y que engloba el 98 % de las mediciones, que van desde los 45 dBA a los 68 dBA. Como era previsible por

ser el tráfico más intenso en verano, este máximo se ha desplazado unos 5 dBA hacia la derecha, con respecto a la temporada invernal. Aunque también se observa un pequeño abultamiento en la zona de los niveles bajos (alrededor de 38 dBA) y al que solamente le correspondería el 2% de las mediciones de 1 segundo. Este pequeño abultamiento probablemente correspondería a la misma fuente de ruido nocturno de fondo.

Por lo tanto, se concluye que en verano sólo hay una distribución de frecuencias en las medidas de 1 segundo, que se corresponde con el ruido procedente de la A-5052 (98% de las mediciones pertenecen a la distribución que van desde 45 hasta 68 dBA), la cual enmascara a cualquier otra fuente de fondo con mucha menos intensidad.

Si se compara la Figura 4.68 de monitorizaciones semanales y registros de 5 minutos, con la Figura 4.79 de monitorizaciones de 24 horas y registros de 1 segundo, se observa como en invierno esta segunda tiene mucha mejor resolución que la primera. Así en la primera, el ruido nocturno de fondo, apenas se percibía entre los 31 y 39 dBA con solo el 4 % de los registros, mientras que en la segunda, se percibe muy claramente en los 37 dBA y ponderado con el 22 % de los registros. Sin embargo en la estación estival, el ruido nocturno de fondo no se distingue absolutamente nada en la primera, mientras que en la segunda aunque muy levemente, se detecta a los 38 dBA, lo cual indica de nuevo que a pesar de ser tan dominante el ruido del tráfico de la carretera en esta temporada, la mejor resolución se mantiene.

Por el contrario, si se pone el foco en las distribuciones correspondientes al tráfico rodado de la carretera (los máximos absolutos), se observan a través de la Figura 4.68 que están centrados en los 56 dBA (en invierno) y 60 dBA (en verano) con el 72 y 74 % de los registros respectivamente. Mientras que si se observan los máximos absolutos en la Figura 4.76, se ve que están centrados en los 57 dBA (en invierno) y 63 dBA (en verano) con el 78 y 98 % de los registros respectivamente. Lo cual vuelve a indicar, la pérdida de resolución que se produce al realizar las medidas de los muestreos con registros de 5 minutos frente a los de 1 segundo.

Si ahora se comparan los valores de las pendientes entre las 5:00 y 8:00 horas, tal como se vio en los apartados 4.1.3 y 4.2.3 respectivamente, los valores que alcanzaron fueron de 0.552 dBA/5' (equivalente a: 6.6 dBA/h) en invierno, y de 0.289 dBA/5' (equivalente a: 3.5 dBA/h) en verano. Es decir que la pendiente en invierno es sensiblemente mayor que en verano, esto estaría relacionado con el hecho de que el tráfico en la A-5052 en verano está más "contaminado" por vehículos que circulan por asuntos no relacionados con causas laborales, y por tanto llevan una progresividad menor, de tal manera que la composición de la pendiente correspondiente a los vehículos que circulan por motivos laborales, con la pendiente de los vehículos que circulan por motivos no laborales, da una pendiente resultante

menor, es decir con menor progresividad que cuando estaba motivada por motivos puramente laborales. Lo cual vuelve a ratificar lo observado anteriormente con los muestreos semanales.

A continuación, en la Figura 4.77 (en la que se han unido las Figuras 4.24 y 4.55 a fin de poder compararlas), pueden analizarse los índices (LAeq1h, L50, etc.) de ruido más característicos de estas monitorizaciones de 24 horas en ambas temporadas, y con registros de 1 segundo.



Figura 4.77. E-3: Índices de 24 horas en invierno y en verano

Durante el invierno, se observa un gran plató para el percentil L90 entre las 23:00 y 06:00 h, con un mínimo relativo en torno a 05:00 h (34 dBA), mientras que para el verano no se encuentra esta meseta, pero sí hay, por el contrario, un mínimo muy pronunciado a las 4:00 h (37 dBA). Este hecho indica que durante estas horas (alrededor de las 4:00 h) el ruido es del mismo orden de magnitud para ambas estaciones, aunque ligeramente superior en verano (2 dBA). Además, cabe señalar que las curvas de L90 y L50 (mediana) son muy similares en las noches invernales, durante el periodo horario (01:00-05:00 h), pero ambos son muy diferentes de la curva de LAeq1h (una diferencia de aproximadamente 7-8 dBA), mostrando con ello que la mayoría de los registros de 1 segundo para este período horario en las noches invernales son muy bajos, pero que de vez en cuando aparecen durante este periodo algunos eventos de ruido de alta intensidad, que hacen que el índice LAeq1h no sea tan bajo como los índices L50 y L90.

Para ratificar la hipótesis anterior, se han confeccionado los diagramas de distribución de frecuencias de las medidas de 1 segundo, tanto en la estación invernal como en la estival, entre las 01:00-05:00 h, tal como se muestran en la Figura 4.78.

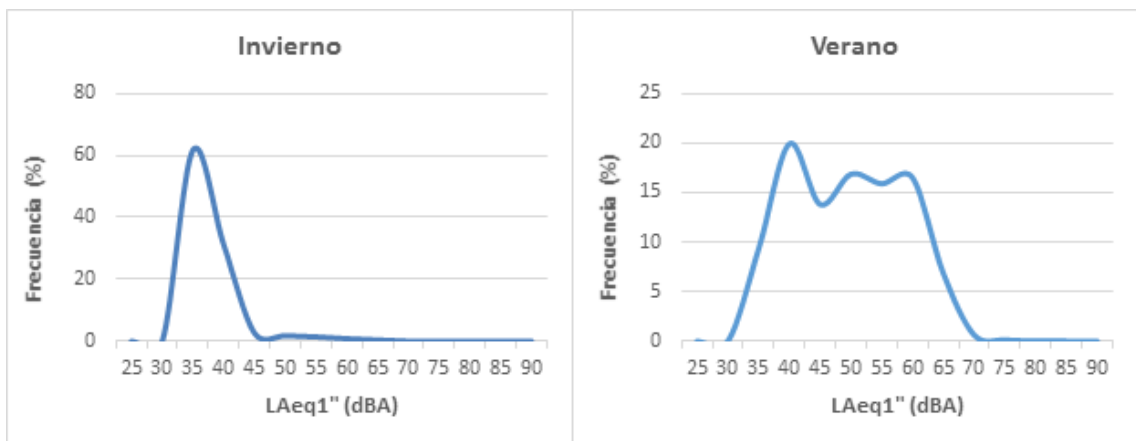


Figura 4.78. E-3: Diagrama de frecuencias para el periodo 1:00 – 5:00 h. (a) invierno, (b) verano

La distribución de frecuencias para el invierno, Figura 4.78 (a), presenta un sólo un pico (alrededor de 37 dBA) y contiene aproximadamente 97% de los registros de 1 segundo, mientras que una pequeña protuberancia se observa en la zona de los altos niveles (pico alrededor de 50 dBA), pero que contiene sólo el 3 % de los registros, y que corresponde al ruido de la carretera. Este resultado confirma que el LAeq de estas horas (1:00-5:00 h) representa el ruido de fondo. Por el contrario, en el caso de verano, se observan claramente tres picos, Figura 4.78 (b), el primero es de aproximadamente 40 dB, lo que de nuevo representa el ruido nocturno de fondo. El segundo pico (alrededor de 50 dBA) correspondería a otras fuentes de ruido (actividades recreativas de los turistas) y el tercer pico (alrededor de 60 dBA) correspondería al ruido de la carretera.

Continuando el análisis de la Figura 4.77, en invierno durante el período de 07:00 h a 22:00 h el índice LAeq1h es muy similar al percentil L50 como podría esperarse de una población gaussiana de eventos acústicos (la fuente principal de ruido es el tráfico de la carretera). Además, durante el período de 7:00-20:00 h el índice LAeq1h es muy uniforme, oscilando entre los 58 y 62 dBA, y alcanzando su máximo a alrededor de las 8:00 h (en verano este máximo se retrasa hasta las 9:00 h).

La amplitud del índice LAeq1h (máximo menos mínimo) es de 16.3 dBA en invierno, mientras que en verano esta diferencia se reduce en casi la mitad (9.3 dBA), lo que confirma que el ruido es mucho menor en las noches de invierno. Este hecho es predecible, si se tiene en cuenta que en una población turística costera hay muchas actividades de ocio durante las noches de verano, mientras que en invierno las principales fuentes de ruido se asocian únicamente con el tráfico rodado. También es interesante observar que en verano, durante el periodo de día (de 7:00 a 19:00 h) el índice LAeq1h aumenta lentamente, mientras que en invierno ocurre lo contrario. Obviamente, este último resultado está directamente relacionado con el patrón de las actividades humanas en cada temporada.

El LAeq1h durante las noches de invierno toma valores alrededor de los 45 dBA (1:00-5:00 h), mientras que en verano es unos 10 dBA más alto para el mismo período. Este resultado refleja que las actividades humanas comienzan alrededor de las 5:00 h en las mañanas de invierno y verano, es el momento en que muchos de los residentes con trabajos a turnos, salen hacia la ciudad de Huelva desde El Portil para iniciar su jornada laboral (en plantas químicas, hospitales, parques de bomberos, autobuses, etc.), siendo posteriormente relevados por los no residentes que acceden a El Portil y a El Rompido para ejercer también sus actividades laborales (transportistas, distribuidores, comerciantes, etc.), alcanzando su máximo nivel alrededor de la 9:00 horas, tanto en invierno como en verano, tal como puede apreciarse en ambas gráficas de la Figura 4.77.

Durante el invierno, el valor máximo del LAeq1h se produce alrededor de las 8:00 h, y desde ese instante, el ruido disminuye lentamente durante todo el día hasta las 20:00 h. Sin embargo, en verano el ruido es más uniforme y constante durante el día (8:00 h a 20:00 h, con valores alrededor de los 63 dBA para el LAeq1h), disminuyendo a partir de este momento hasta alcanzar un mínimo a las 5:00 h (55 dBA).

Durante los periodos de día y tarde de 07:00 a 23:00 h, los índices L50 y LAeq1h toman valores muy similares tanto en invierno como en verano, pero no en el resto del día. Las diferencias máximas alcanzan 8 dBA en invierno, mientras que en verano son no más de 2 dBA (Figura 4.77). Este resultado confirma que durante la noche hay dos fuentes importantes y diferentes de ruido: la carretera A-5052, y el ruido nocturno de fondo.

En la Figura 4.78 (a) se observa que la función de distribución de frecuencias es muy simétrica, lo que hace sospechar que pudiera tratarse de una distribución normal. Por ello se aplicó el test de Shapiro-Wilk (Shapiro, et al., 1965), que utiliza la variable

W como estadístico del test. La hipótesis nula es que LA_{eq1} sigue una distribución normal. Se ha obtenido un valor experimental de $W_{exp} = 0.751$, la cual es menor que el valor crítico a al nivel de significación 0.05 [$W_{crítico} (p = 0.05) = 0.859$], por lo que se rechaza la hipótesis nula y concluyéndose que la variable estudiada (LA_{eq1}), no sigue una distribución normal.

4.4. RESULTADOS DE COMPARACIÓN: DÍA LABORAL-DÍA NO LABORAL

El siguiente paso, ha sido a partir de los resultados obtenidos en los apartados 4.1 y 4.2, se han agrupado en días laborables y días no laborables, a fin de comparar unos con otros. Para ello se han preparado las tablas con los resúmenes de datos estadísticos de las muestras, y confeccionado las gráficas de diagramas porcentuales de frecuencia correspondientes a ambos tipos de días, agrupándolas primero por puntos de medida y posteriormente por temporadas, y a partir de ellas poder sacar diversas conclusiones.

4.4.1. PUNTO E-1

En la siguiente Tabla IV-7 se resumen los datos estadísticos de los muestreos semanales en el punto E-1 en los días laborables y los días no laborables, ambos en temporada invernal.

Índices	Semanal		Sem. periodo día		Sem. periodo tarde		Sem. periodo noche	
	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.
LAeqT	32.0	30.5	34.2	31.5	31.0	32.4	23.3	25.4
LA1	41.0	39.1	42.2	39.1	35.4	43.6	32.9	33.7
LA5	37.2	34.7	39.1	35.2	34.5	35.0	29.9	30.7
LA8	35.9	34.1	38.0	34.7	34.1	33.8	28.6	29.7
LA10	35.4	33.5	37.2	34.4	33.8	33.1	28.0	29.2
LA40	31.0	29.8	33.2	31.0	31.2	31.3	18.5	23.3
LA50	29.7	28.6	32.3	30.0	30.6	30.7	16.8	21.5
LA60	27.6	26.9	31.3	29.2	29.8	30.1	15.5	20.1
LA90	14.5	18.0	26.7	23.5	25.7	27.3	10.9	13.9
LA95	12.0	15.1	24.4	18.9	20.7	26.7	10.0	12.6
LA99	9.1	11.1	19.9	15.4	17.3	25.1	7.7	7.9

Tabla IV-7. Resumen de valores de monitorización semanal del punto E-1 en invierno, comparando los días laborables con los no laborables

Por otro lado en la siguiente Figura 4.79, se han representado el diagrama combinado de frecuencias del punto E-1, para la temporada invernal, de los días laborables junto al de los días no laborables.

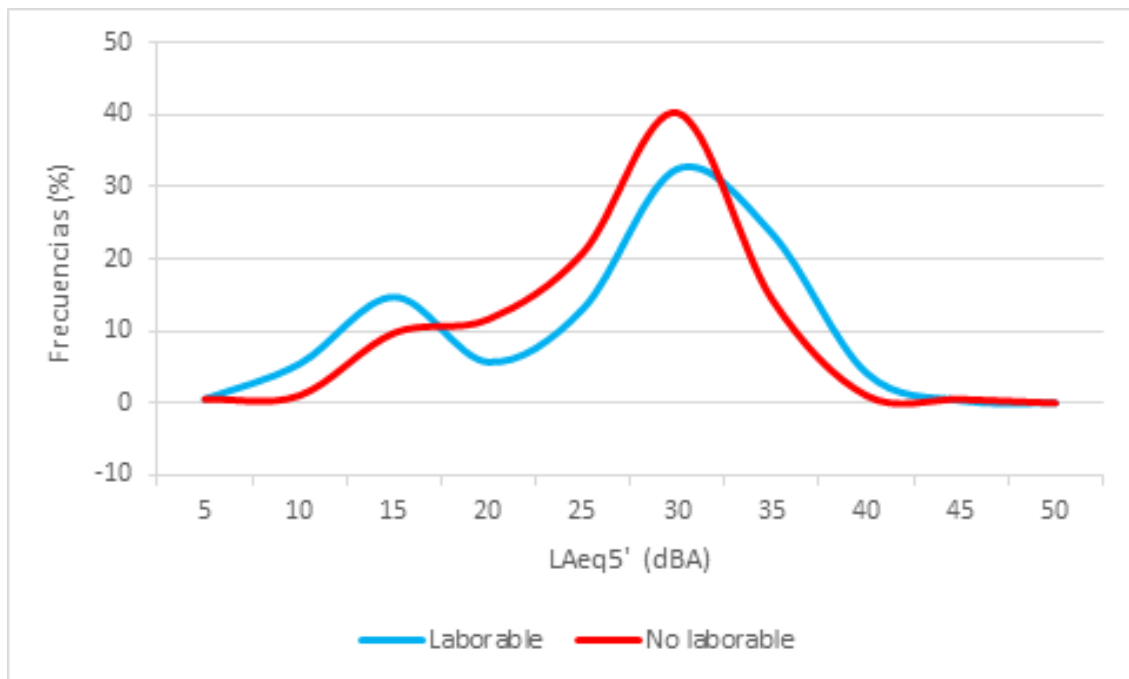


Figura 4.79. E-1 (invierno): Diagramas de frecuencias (laborables y no laborables)

En ella se puede observar las dos distribuciones: la de los días laborables (en azul) y la de los días no laborables (en rojo). En la primera de ellas, la de los días laborables, pueden distinguirse claramente dos máximos, el primero relativo alrededor de los 15 dBA, y un máximo absoluto alrededor de los 30 dBA. Ello evidencia de que en invierno y alrededor del punto E-1, en los días laborables existen dos poblaciones de datos, correspondientes a dos fuentes distintas de ruido, la primera correspondería a los niveles bajos de ruido, y estaría asociada al ruido nocturno de fondo. Fondo muy silencioso, que estaría motivado porque en invierno en el edificio del punto de medida E-1 no hay ningún residente permanente, y además por lo próxima que está la RNLP en la que en invierno precisamente disminuyen los sonidos naturales provenientes de la fauna que en ella habita. Mientras que la segunda población correspondería a los niveles más altos, y estaría asociada al ruido del tráfico rodado de la c/Avoceta y a la influencia de la carretera A-5052.

En la segunda distribución, que se corresponde con los días no laborables, aunque mucho más tenue que en los días laborables, se intuye un máximo alrededor de los 17 dBA, y un segundo máximo alrededor de los 30 dBA. El primero estaría asociado a la fuente del ruido nocturno de fondo, pero en este caso a 2 dBA más que en los días laborables, probablemente debido a que en los fines de semana existen algunas personas habitando el edificio. Mientras que el segundo máximo estaría asociado a la fuente de ruido del tráfico rodado de la c/Avoceta y a la posible influencia del de la carretera A-5052, que queda a unos 133 m de distancia.

Igualmente que en invierno, en la Tabla IV-8 se presenta el resumen de los datos estadísticos de los muestreos semanales en el punto E-1 en los días laborables y los días no laborables, pero ahora en temporada estival.

Índices	Semanal		Sem. periodo día		Sem. periodo tarde		Sem. periodo noche	
	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.
LAeqT	45.5	45.5	47.3	46.9	45.7	46.6	38.9	40.0
LA1	49.8	50.9	50.1	51.5	48.2	51.2	46.3	44.9
LA5	48.6	49.0	49.0	49.3	47.7	49.3	43.6	43.6
LA8	48.3	48.7	48.7	49.0	47.4	48.3	43.1	43.1
LA10	48.1	48.3	48.6	48.8	47.3	48.2	42.6	42.9
LA40	46.4	46.1	47.3	47.2	46.1	46.8	37.8	40.1
LA50	45.8	45.0	47.0	46.8	45.7	46.5	36.1	38.9
LA60	44.8	43.3	46.7	46.2	45.3	45.7	34.4	37.9
LA90	32.5	36.8	45.3	42.7	41.9	42.7	22.1	32.3
LA95	23.6	34.0	44.8	40.4	40.8	41.9	20.5	30.4
LA99	20.0	29.8	43.7	37.6	39.2	38.6	19.1	24.3

Tabla IV-8. Resumen de valores de monitorización semanal del punto E-1 en verano, comparando los días laborables con los no laborables

Así mismo en la siguiente Figura 4.80, se han representado el diagrama combinado de frecuencias del punto E-1, para la temporada estival, de los días laborables frente a los días no laborables.

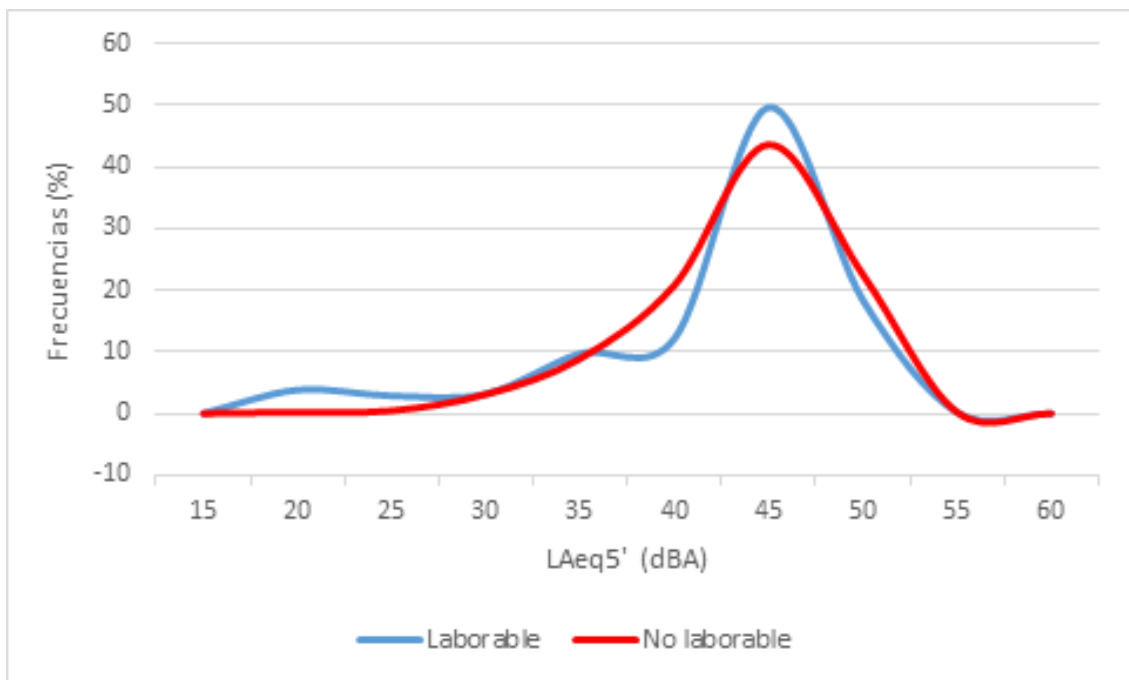


Figura 4.80. E-1 (verano): Diagramas de frecuencias (laborables y no laborables)

De su observación y análisis, se puede resaltar que la distribución correspondiente a los días laborables, presenta tres máximos. El primero de ellos alrededor de los 21 dBA, que estaría asociado a la fuente de ruido correspondiente al ruido nocturno de fondo, en los alrededores del punto E-1, es decir 6 dBA más que en invierno, debido a que en verano el edificio está habitado, por tanto hay mayor actividad en la calle y además a que hay también más actividad de la fauna en la RNLP. Un segundo máximo, alrededor de los 35 dBA, el cual estaría asociado al ruido de fondo no nocturno. Y un tercer máximo, mucho mayor y alrededor de los 45 dBA, el cual estaría asociado a la fuente de ruido del tráfico rodado de la c/Avoceta y a la posible influencia del de la carretera A-5052.

Por el contrario, la segunda distribución, la correspondiente a los días no laborables, presenta claramente un único máximo hacia los 45 dBA, que es menos pronunciado y con mayor anchura, el cual se correspondería con el ruido del tráfico de la c/Avoceta. También se observa una rampa entre los 25 y 35 dBA que se corresponderían a registros mixtos de 5 minutos, constituidos por eventos de bajos nivel y alto nivel simultáneamente. Dentro de la cual quedarían enmascaradas las otras posibles fuentes de ruido, incluido el ruido de fondo nocturno.

4.4.2. PUNTO E-3

Nuevamente en la siguiente Tabla IV-9 se resumen los datos estadísticos de los muestreos semanales en el punto E-3 en los días laborables y los días no laborables, ambos en temporada invernal.

Índices	Semanal		Sem. periodo día		Sem. periodo tarde		Sem. periodo noche	
	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.
LAeqT	56.1	55.6	57.9	57.2	56.4	55.6	48.3	51.1
LA1	62.5	62.2	63.2	61.2	61.3	58.8	56.8	56.6
LA5	60.5	60.0	61.6	59.3	60.5	57.9	53.1	55.4
LA8	59.7	59.2	60.6	59.0	60	57.3	52.5	54.6
LA10	59.2	58.9	60.0	58.9	59.6	57.2	52.0	54.3
LA40	56.4	56.3	57.5	57.3	55.9	56.0	47.5	51.0
LA50	55.6	55.6	57.1	57.0	55.5	55.7	46.0	49.9
LA60	54.4	54.3	56.7	56.4	54.9	55.3	45.0	49.0
LA90	42.9	44.6	55.1	53.6	52.5	52.8	34.6	43.7
LA95	37.1	39.0	54.6	51.7	51.0	51.4	32.1	37.5
LA99	31.0	31.7	52.6	49.9	49.0	49.3	29.0	34.3

Tabla IV-9. Resumen de valores de monitorización semanal del punto E-3 en invierno, comparando los días laborables con los no laborables

Adicionalmente, igual que se hizo en el punto E-1, se han confeccionado las gráficas con las distribuciones combinadas de frecuencias del punto E-3, para ambas temporadas, de los días laborables frente a los días no laborables.

Así en la Figura 4.81 se puede observar la correspondiente al invierno.

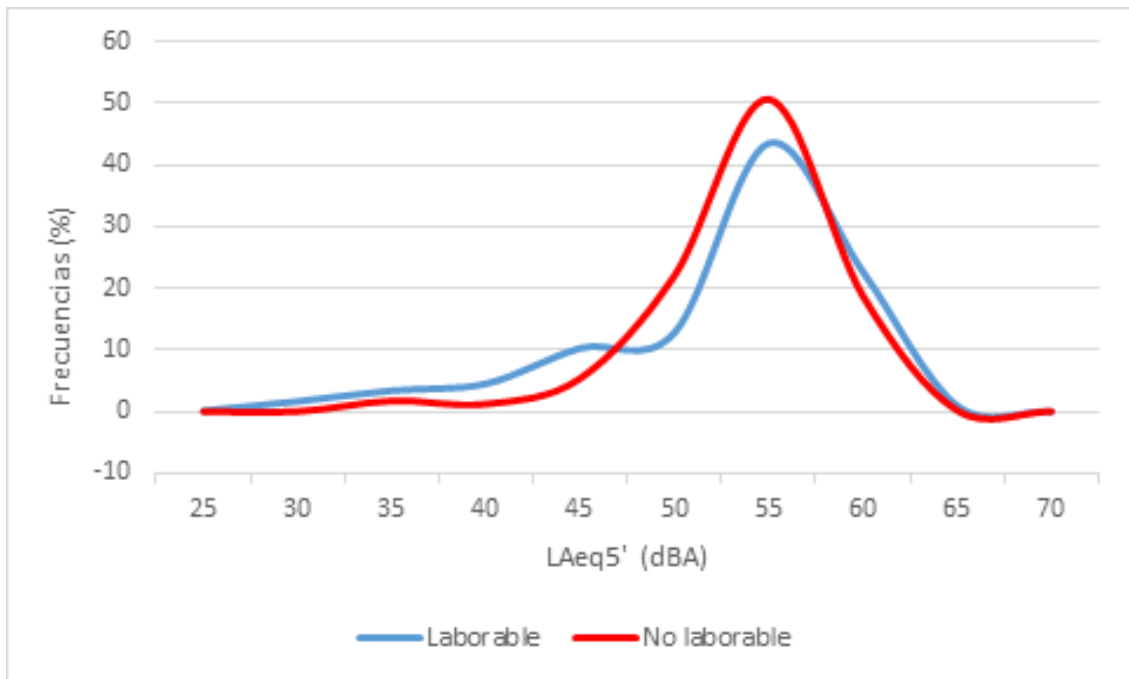


Figura 4.81. E-3 (invierno): Diagramas de frecuencias (laborables y no laborables)

De su análisis y observación se deduce que la distribución correspondiente a los días laborables, igual que ocurría en el punto E-1, aparecen dos máximos. El primero, relativo, aparece alrededor de los 35 dBA y un segundo, absoluto y mucho más marcado alrededor de los 55 dBA. Ello vuelve a evidenciar que en invierno y alrededor del punto E-3, en los días laborables existen dos poblaciones de datos, correspondientes a dos fuentes distintas de ruido, la primera correspondería a los niveles bajos de ruido, y estaría asociada al ruido nocturno de fondo. Mientras que la segunda distribución correspondería a los niveles más altos, y estaría asociada al ruido del tráfico de la carretera A-5052. Además entre los 40 y 50 dBA se observa una rampa que correspondería a aquellos registros mixtos de 5 minutos constituidos tanto por eventos de bajos nivel como de alto nivel.

También en la segunda distribución, que se corresponde con los días no laborables, aunque muy levemente, se observa un máximo relativo alrededor de los 35 dBA que correspondería a la distribución del ruido de fondo nocturno, y un máximo absoluto centrado también en los 55 dBA, cuya distribución estaría asociada claramente al ruido del tráfico rodado de la carretera A-5052. Pero en este caso la rampa correspondiente a los registros mixtos de 5 minutos prácticamente desaparece, ello se debería a un tráfico mucho más elevado y continuo de la carretera A-5052 durante los días festivos.

Mientras que en la Tabla IV-10 se resumen los datos estadísticos de los muestreos semanales en el punto E-3 en los días laborables y los días no laborables, pero ahora ambos en temporada estival.

Índices	Semanal		Sem. periodo día		Sem. periodo tarde		Sem. periodo noche	
	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.	Lab.	No lab.
LAeqT	59.6	59.2	60.5	60.2	61.7	60.2	55.4	56.4
LA1	64.0	64.2	64.3	67.4	72.5	63.5	61.6	61.5
LA5	61.8	61.6	62.4	62.0	62.0	61.9	58.5	59.6
LA8	61.4	61.2	61.7	61.5	61.5	61.5	58.1	58.8
LA10	61.2	61.0	61.4	61.2	61.4	61.4	57.8	58.6
LA40	59.8	59.4	60.4	59.9	60.0	60.1	55.5	56.6
LA50	59.4	58.8	60.1	59.5	59.8	59.8	54.7	55.9
LA60	58.8	58.0	59.8	59.2	59.6	59.6	53.5	54.8
LA90	52.4	53.8	58.7	56.5	58.7	58.7	49.1	51.2
LA95	50.2	52.3	58.3	55.6	58.3	58.4	47.3	50.4
LA99	45.0	50.1	57.6	54.1	57.5	57.4	39.1	48.0

Tabla IV-10. Resumen de valores de monitorización semanal del punto E-3 en verano, comparando los días laborables con los no laborables

De la misma manera, en la siguiente Figura 4.82, se han representado el diagrama combinado de frecuencias del punto E-3, para la temporada estival, de los días laborables frente a los días no laborables.

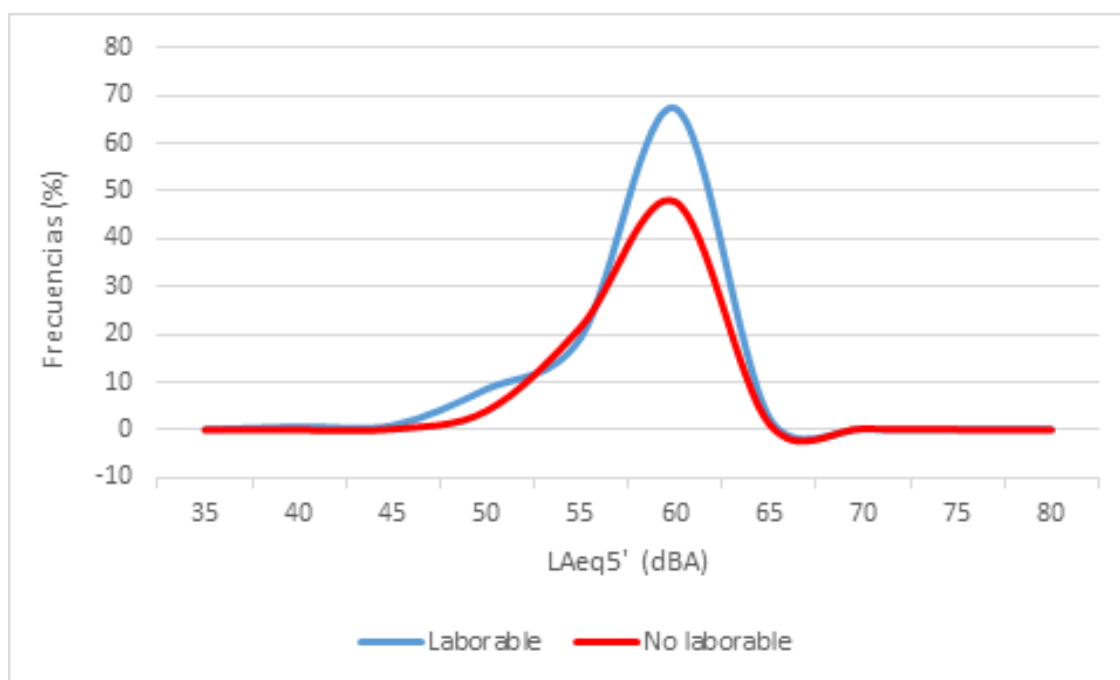


Figura 4.82. E-3 (verano): Diagramas de frecuencias (laborables y no laborables)

De su observación, se infiere que la distribución correspondiente a los días laborables tiene dos máximos. El primero relativo y muy débil alrededor de los 40 dBA, y un segundo absoluto, alrededor de los 60 dBA. El primero estaría asociado al ruido nocturno de fondo, mientras que el segundo lo estaría al tráfico rodado de la carretera A-5052. Además entre los 45 y 55 dBA se observa una rampa que correspondería a aquellos registros mixtos de 5 minutos, constituidos por eventos de bajos nivel de ruido mezclados con eventos sonoros de alto nivel.

Mientras que en la distribución de los días no laborables solamente aparece una única distribución centrada también en los 60 dBA, y que estaría asociada a la fuente del tráfico rodado de la carretera A-5052, y una rampa entre los 45 y 55 dBA que correspondería igualmente a aquellos registros mixtos de 5 minutos constituidos por eventos de bajos y alto nivel, que enmascara a cualquier otra posible fuente, como sería el ruido nocturno de fondo.

4.5. RESULTADOS DE COMPARACIÓN: PUNTO E-1 – PUNTO E-3

A continuación, a partir de los resultados obtenidos también en los apartados 4.1 y 4.2, se han agrupado para cada uno de los dos puntos de medida, desde los que se han realizado las monitorizaciones semanales; punto E-1 y el punto E-3; con el fin de comparar lo que ocurre en ellos en ambas temporadas, y sacar diversas conclusiones.

4.5.1. TEMPORADA INVERNAL

Para ello, lo primero que se han confeccionado son los diagramas conjuntos porcentuales de frecuencias en ambos puntos de medida, tal como se muestra en la Figura 4.83.

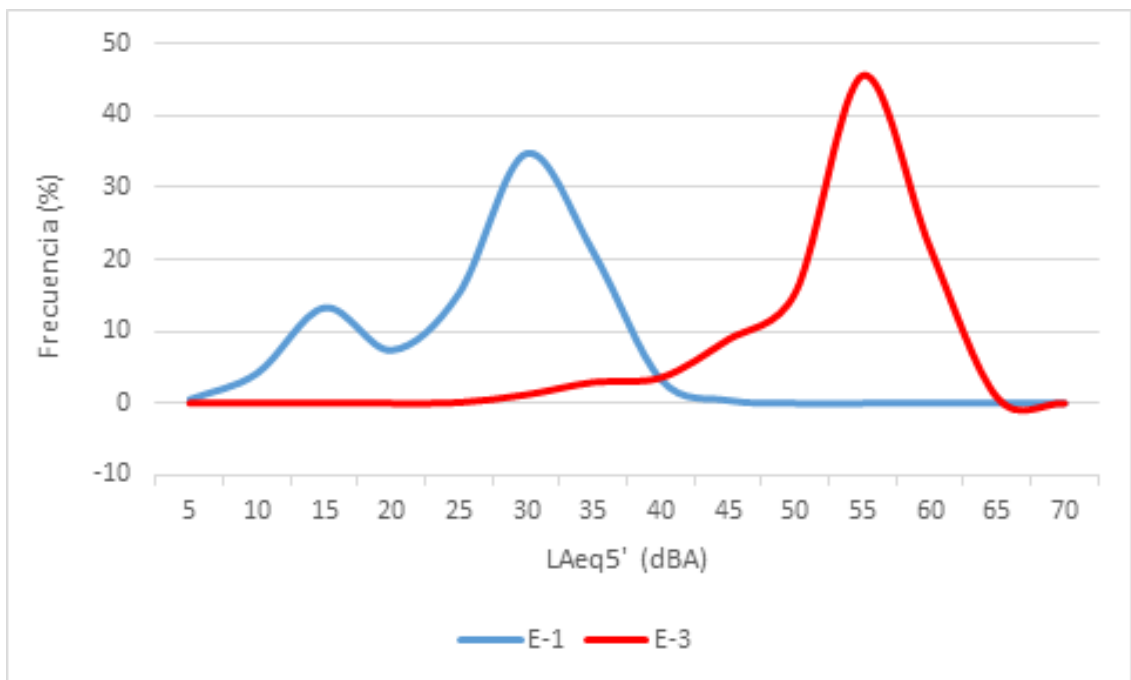


Figura 4.83. Invierno: Diagramas de frecuencias E-1 y E-3

Lo que más destaca en su observación es el desplazamiento que existe entre ambas. Así mientras la correspondiente al punto E-1 tiene su máximo absoluto centrado en los 30 dBA, con una frecuencia de 30 %, la correspondiente al punto E-3 lo tiene a 55 dBA y con una frecuencia del 45 %, lo que supone una diferencia de 25 dBA a favor del punto E-3 (el más cercano a la A-5052).

Ese mismo desplazamiento, aunque en menor medida, también se observa en los máximos relativos, asociados al ruido nocturno de fondo. Así mientras en el punto E-1 aparece centrado en los 15 dBA, en el punto E-3 lo está en los 35 dBA. Lo que en este caso supone una diferencia de 20 dBA, también a favor del punto E-3. Además para el punto E-3 aparece entre los 40 y 50 dBA la rampa de registros mixtos de 5 minutos, en la cual podrían también quedar enmascarados los eventos correspondientes a otras fuentes: actividades de los residentes, personas hablando, etc.

A continuación se comparan los niveles equivalentes de las jornadas completas (L_{Aeq24h}), a lo largo de la semana, y para cada uno de los dos edificios, obteniéndose las gráficas combinadas de la Figura 4.84.

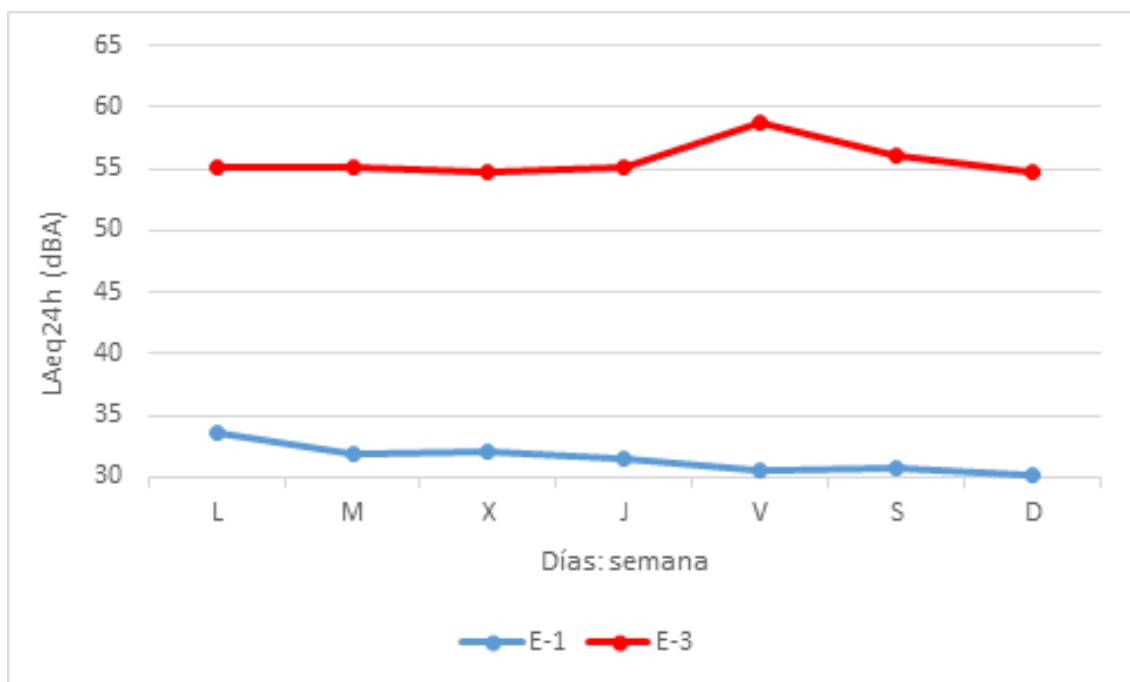


Figura 4.84. Invierno- L_{Aeq24h} (dBA): E-1 y E-3

De su observación se puede concluir fácilmente, que dado que son muy paralelas a lo largo de la semana, (solamente se sale de ese paralelismo el viernes correspondiente al punto E-3, debido a la lluvia constante durante toda la jornada (del 30/11/2012), y el lunes correspondiente al punto E-1, debido a los registros sonoros de entre las 15:33 y 16:53 h de origen desconocido. Pero a pesar de ellos existe una diferencia media global entre ambos edificios de: 24.2 ± 0.8 dBA a lo largo de la semana.

Para comprobar qué proporción del ruido medido en el punto E-1 es debido a la influencia de la carretera A-5052, se puede utilizar la expresión matemática:

$$L_{eq} = L_p + 10 \cdot \log x^{-1,3}$$

Donde L_p es el nivel de presión en un punto de referencia y (x) la distancia desde el punto de referencia al nuevo punto donde se desea calcular L_{eq} . Esta expresión se recomienda en Noise Pollution; capítulo 12: "Road Traffic Noise: Generation, Propagation and Control" (Lamure, 1986). Y teniendo en cuenta que la distancia (x) en línea recta que hay entre los dos edificios E-1 y E-3 es de 133 metros, se tendría que:

$$L_{eq}(E - 3) - L_{eq}(E - 1) = -10 \cdot \log x^{-1,3} = 27.6 \text{ dBA}$$

Valor que evidentemente no se corresponde con los 24.21 dBA que anteriormente se ha detectado que existe entre los dos edificios, pero no debe despreciarse el tráfico de la propia c/Avoceta que aunque pequeño en invierno, es suficiente como para incrementar en 3.4 dBA al procedente de la carretera A-5052.

Para comprobar todo ello, se va a tratar a continuación de determinar ambas componentes del ruido en las proximidades del punto E-1.

- Componente debida a la influencia de la carretera A-5052 [$L'_{eq}(E-1)$]:

Sabiendo que el nivel medio equivalente durante el invierno, en el punto E-3 es de 55,5 dBA, de:

$$L_{eq}(E - 3) - L_{eq}(E - 1) = -10 \cdot \log x^{-1,3} = 27.6 \text{ dBA}$$

Podemos despejar:

$$L'_{eq}(E - 1) = L_{eq}(E - 3) + 10 \cdot \log 133^{-1,3} = 55.5 - 27.6 = 27.9 \text{ dBA}$$

- Componente debida al propio tráfico de la c/Avoceta [$L''_{eq}(E-1)$]:

De nuevo, de Noise Pollution; capítulo 12: "Road Traffic Noise: Generation, Propagation and Control" (Lamure, 1986), sabemos que el nivel equivalente del ruido debido al tráfico rodado es igual a:

$$L_{eq} = L_o + 10 \cdot \log Q$$

Siendo L_o la media aritmética de los niveles acústicos debidos a los vehículos a una distancia determinada de la carretera en (dB), y siendo Q el aforo de la vía

en ($\text{veh}\cdot\text{s}^{-1}$). En este caso, para determinar L_0 se partirá de los datos de los valores medios de las medidas realizadas y Q de los aforos obtenidos por muestreo en la c/Avoceta, así se conoce que en verano el valor medio, a lo largo de la semana es:

$$L_{eq}(E-1) = 45.5 \text{ dBA}$$

y que el aforo en c/Avoceta es de: $72.1 \text{ veh}\cdot\text{h}^{-1} = 0.020028 \text{ veh}\cdot\text{s}^{-1}$ (ver Tabla III-6), por tanto:

$$45.5 = L_0 + 10 \cdot \log 0.020028 \quad \text{y}$$

despejando L_0 nos queda:

$$L_0 = 45.5 - 10 \cdot \log 0.020028 = 62.5 \text{ dBA}$$

Una vez estimado el valor de L_0 para el punto E-1, se puede abordar el cálculo de la componente debida al propio tráfico rodado de la calle Avoceta en las proximidades del punto E-1 en invierno. Sabiendo además que el aforo en invierno de la c/Avoceta es de $2.5 \text{ veh}\cdot\text{h}^{-1} = 6.944444 \cdot 10^{-4} \text{ veh}\cdot\text{s}^{-1}$ (ver Tabla III-5), con lo cual se tendría que:

$$L''_{eq}(E-1) = L_0 + 10 \cdot \log Q = 62.5 + 10 \cdot \log(6.944444 \cdot 10^{-4}) = 30.9 \text{ dBA}$$

Conocidos los aportes de cada una de las dos fuentes de ruido (L'_{eq} y L''_{eq}), se pueden componer ambos ruidos, obteniéndose un nivel equivalente resultante de 32.6 dBA, que prácticamente coincide con el valor medio medido a lo largo de la semana invernal en el punto E-1. De todo ello puede concluirse que aunque el que predomina es el ruido procedente de la propia c/Avoceta, la influencia de la carretera A-5052 no es despreciable, ya que aporta casi 3 dBA al ruido total del punto E-1, es decir, las energías acústicas de ambas fuentes de ruido son similares.

También se ha confeccionado las gráficas de la Figura 4.85, a fin de comparar los percentiles L_{90} de los registros de 5 minutos en ambos puntos de medida, a lo largo de la semana invernal.

De su observación destaca que el percentil L_{90} que representa al ruido de fondo mantiene un cierto paralelismo entre ambos puntos, solamente los viernes deja de mantenerse mostrando gran divergencia entre ellos, pero se debe tener en cuenta que el viernes de la medida del punto E-3 fue el día 30/11/2012 que estuvo lloviendo durante toda la jornada, por tanto cabría interrogarse si también hubiese descendido en el punto E-3 como ocurre en el E-1 si no hubiese caído dicha lluvia. Obviando el viernes, la diferencia media en los cuatro primeros días de la semana es de unos 28 dBA. El sábado vuelven a subir en ambos puntos de medida, manteniéndose una diferencia media de 29 dBA. Y el domingo bajan en ambos puntos, manteniéndose una diferencia media de 29 dBA, y con ello un paralelismo total durante el fin de semana.

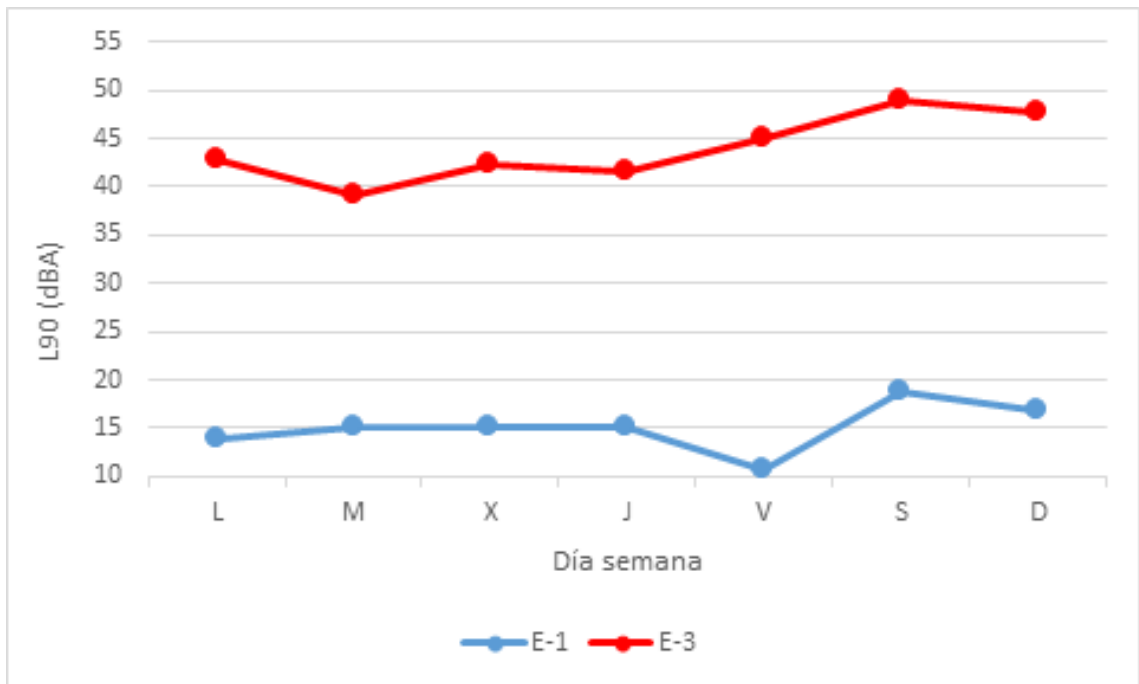


Figura 4.85. L90 (invierno): E-1 y E-3 en dBA

Por tanto se puede concluir que el día con más ruido de fondo en ambos puntos es el sábado, debido a lo que podría denominarse “efecto fin de semana”, siendo en el punto E-3 (el más cercano a la A-5052) superior en unos 29 dBA.

A continuación se comparan, durante el invierno, las pendientes de los niveles de ruido LAeq5' medidos entre las 5:00 y 8:00 horas a lo largo de toda la semana, obteniéndose las gráficas de la Figura 4.86.

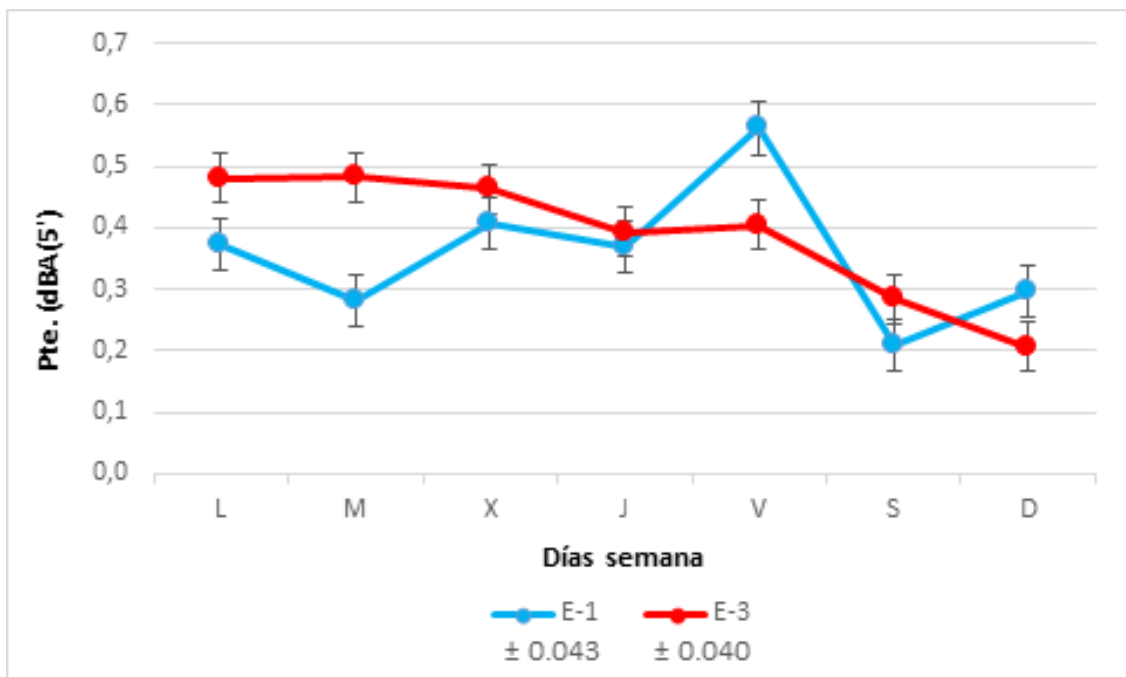


Figura 4.86. Invierno-Pendientes (5:00 a 8:00 h): E-1 y E-3, nivel de confianza del 95 %

De su observación cabe destacar dos hechos. El primero de ellos es que hay tres cruces de gráficas, dos en el viernes y una el domingo, es decir durante el lunes martes miércoles y jueves las pendientes en el punto de medida E-3 son mayores que en el E-1, pero el viernes es el E-1 el que tiene mayor pendiente que el E-3, el sábado se invierte la situación, y de nuevo en el domingo, la pendiente del E-1 es superior a la del E-3. Es difícil buscarle una justificación al cambio de tendencia tan brusco producido el viernes de la semana invernal, dado que no está registrada ninguna circunstancia que motive la misma. Ahora bien, no se debe olvidar lo ya indicado en el apartado 4.3.1. en el sentido de que al no estar habitado en invierno el edificio del punto de medida E-1 ni sus aledaños, el pequeño tráfico rodado que se produce en la c/Avoceta, no está muy influenciado por las incorporaciones a puestos de trabajo, sino por otras circunstancias o motivaciones de los conductores, e incluso por otros eventos sonoros ajenos al tráfico rodado, todos ellos más esporádicos y menos predecibles.

Para corroborarlo, se ha “puesto la lupa” en los registros sonoros de esas horas, tanto en el punto de muestreo E-1 como en el E-3, tal como se puede ver en la siguiente Figura 4.87.

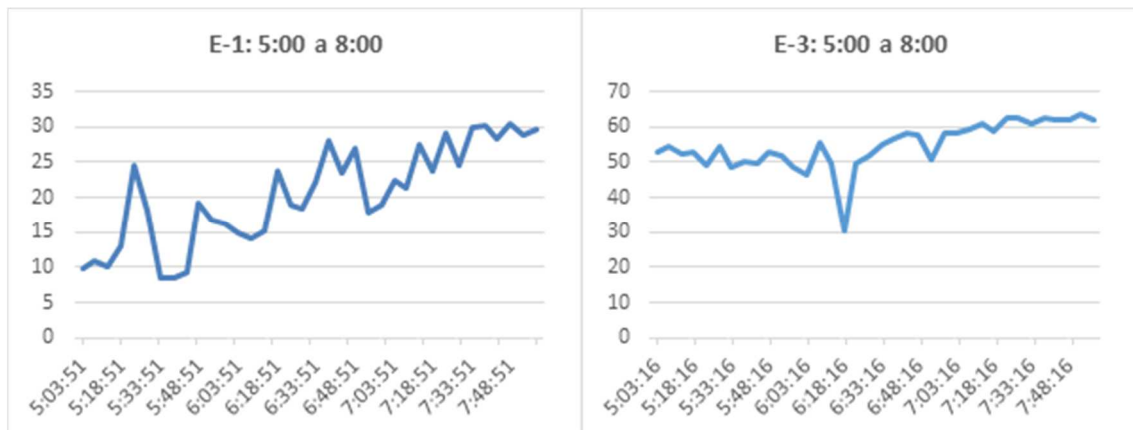


Figura 4.87. Detalle de registros sonoros en invierno, entre las 5:00 y 8:00 en E-1 y E-3

De su observación, se desprende que el registro del punto E-1 (zona más deshabitada en invierno y con menor tráfico rodado) es una auténtica “montaña rusa”, con variaciones muy bruscas entre registro y registro, variaciones que van desde los 8 dBA a los 25 dBA, y además con muy cortos desplazamientos en el tiempo. Mientras que el del punto E-3 las variaciones en general, están mucho más suavizadas, con unas oscilaciones de apenas 6 dBA de cresta a valle, y además mucho más espaciadas en el tiempo.

Por tanto se puede concluir que la fiabilidad de la pendiente en invierno en las inmediaciones del punto E-1 no es elevada, por dos motivos: 1) Que al ser la densidad de tráfico muy baja, cualquier circulación de vehículos ajena a asuntos laborales, condiciona y altera a ésta pendiente. 2) Que al existir un muy bajo nivel

de ruido, cualquier evento sonoro ajeno al tráfico rodado, introduce contaminaciones en los resultados que se tratan de analizar.

Además todo ello queda corroborado a través de las incertidumbres de las pendientes, que en el punto E-1 era de: ± 0.043 dBA/5' (equivalente a: ± 0.5 dBA/h), mientras que en el punto E-3 era de: ± 0.025 dBA/5' (equivalente a: ± 0.3 dBA/h).

4.5.2. TEMPORADA ESTIVAL

Igual que se hizo con la temporada invernal, para la estival se han confeccionado las gráficas conjuntas de frecuencias para ambos edificios, tal como se puede apreciar en la Figura 4.88.

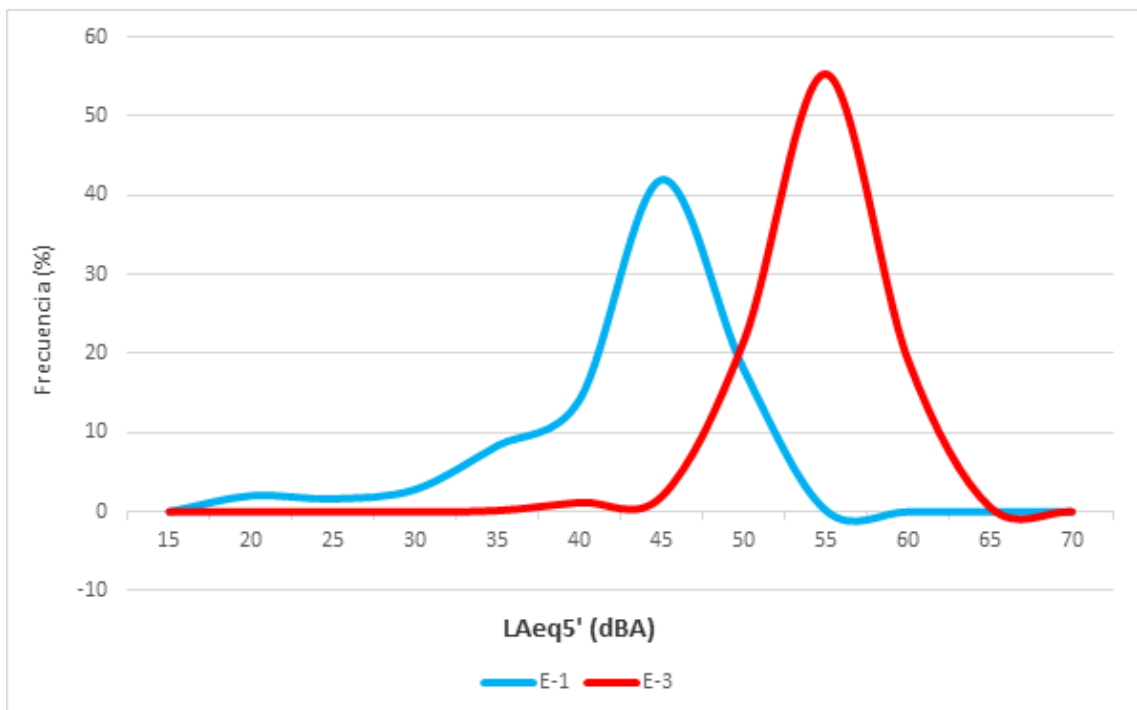


Figura 4.88. Verano: Diagramas de frecuencias E-1 y E-3

De su observación, lo primero que destaca es que ambas distribuciones son asimétricas y tienen un solo máximo, pero como ocurría en invierno, esos máximos están desplazados el uno con respecto al otro. Así mientras el correspondiente al punto E-1 tiene su máximo absoluto en los 45 dBA con una frecuencia del 42 %, el correspondiente al punto de medida E-3 lo tiene a 55 dBA y con una frecuencia del 56 %. Es decir existe un desplazamiento de 10 dBA entre ambas distribuciones a favor del punto E-3, y además mientras que en el punto de medida E-3 el ruido del tráfico es el que predomina claramente, en el E-1 este está más afectado por otras fuentes y su predominio es menor.

Igualmente, los máximos relativos, correspondientes a la fuente del ruido nocturno de fondo, también tiene ese desplazamiento a favor del punto E-3. Así mientras en el punto E-1 aparece ese máximo a los 20 dBA, en el punto E-3 aparece a los 40 dBA, es decir existe para esta fuente un desplazamiento de 20 dBA. Desplazamiento que coincide plenamente con lo que ocurría en la temporada invernal. Ello vendría a indicar que, aunque con menor intensidad, los comportamientos de las fuentes del ruido de fondo nocturno en ambos puntos, se mantiene en ambas temporadas.

A continuación en la Figura 4.89, se comparan los niveles equivalentes para cada una de las jornadas completas (L_{Aeq24h}) que componen los días de la semana, en cada uno de los dos puntos de medida.

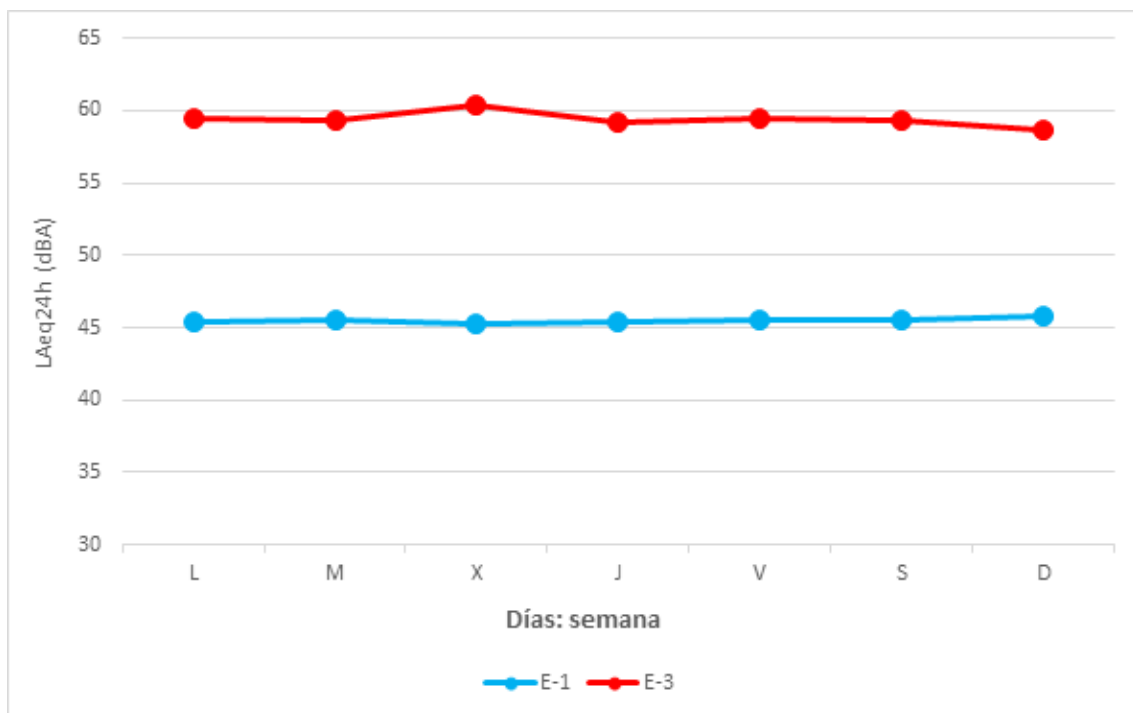


Figura 4.89. Verano- L_{Aeq24h} (dBA): E-1 y E-3

Como ocurría en la temporada invernal, se ve que ambas gráficas muy paralelas a lo largo de la semana, y que entre ambos edificios existe una diferencia media global de 13.9 ± 0.3 dBA a lo largo de la semana de la temporada estival, que es muy inferior a los 24.2 dBA que aparecía en la invernal.

De nuevo, para determinar qué proporción del ruido medido en el punto E-1 es debido a la influencia de la carretera A-5052, se utilizará la misma expresión matemática que prevé Noise Pollution; capítulo 12: "Road Traffic Noise: Generation, Propagation and Control" (Lamure, 1986), sabiendo igualmente que la distancia (x) entre los dos puntos de medida es de 133 metros, por lo que se tendría que:

$$L_{eq}(E - 3) - L_{eq}(E - 1) = -10 \cdot \log x^{-1,3} = -10 \cdot \log 133^{-1,3} = 27.6 \text{ dBA}$$

Valor teórico muy alejado de los 13.9 dBA de la diferencia media de los valores semanales medidos. Lo cual indica de nuevo que el ruido que se produce en las inmediaciones del punto de medida E-1 no solo es debido a la influencia de la carretera A-5052, si no al propio tráfico de la c/ Avoceta en verano, que es suficiente como para incrementar en 13.1 dBA al procedente de la carretera A-5052. Igual que se hizo en la temporada invernal, para comprobar todo ello, se va a tratar a continuación de determinar ambas componentes del ruido en las proximidades del punto E-1.

- Componente debida a la influencia de la carretera A-5052 [$L'_{eq}(E-1)$]:

Sabiendo que el nivel medio equivalente durante el verano, en el punto E-3 es de 59.4 dBA, de la anterior expresión, se puede despejar:

$$L'_{eq}(E-1) = L_{eq}(E-3) + 10 \cdot \log 133^{-1.3} = 59.4 - 27.6 = 31.8 \text{ dBA}$$

- Componente debida al propio tráfico de la c/Avoceta [$L''_{eq}(E-1)$]:

De la misma forma, y teniendo en cuenta que:

$$L_{eq} = L_o + 10 \cdot \log Q \quad [\text{Noise Pollution}; (\text{Lamure}, 1986)].$$

Y recordando que el valor de L_o ya se determinó para el punto E-1, en el apartado 4.5.1, siendo su valor de 62.5 dBA. Se puede abordar el cálculo de la componente debida al propio tráfico rodado en las proximidades del punto E-1 en verano. Sabiendo además que el aforo en verano de la c/Avoceta es de $72.1 \text{ veh}\cdot\text{h}^{-1} = 0.020028 \text{ veh}\cdot\text{s}^{-1}$ (ver Tabla III-6), con lo cual:

$$L''_{eq}(E-1) = L_o + 10 \cdot \log Q = 62.5 + 10 \cdot \log 0.020027 = 45.5 \text{ dBA}$$

Conocidos los aportes de cada una de las dos fuentes de ruido (L'_{eq} y L''_{eq}), se pueden componer ambos ruidos, obteniéndose un nivel equivalente resultante de 45.6 dBA. Resultado que coincide prácticamente con el valor medio medido a lo largo de la semana estival en el punto E-1, que era de 45.5 dBA. Lo cual indica que predomina en verano la componente del tráfico de la propia c/Avoceta, siendo la componente del ruido de la influencia de la carretera A-5052, enmascarada por ella.

También se ha confeccionado las gráficas de la Figura 4.90, a fin de comparar los percentiles L90 de los dos edificios, a lo largo de la semana estival.

De su observación se desprende que las gráficas de los percentiles L90 diarios a lo largo de la semana, mantienen un cierto paralelismo entre ambos edificios. Solamente el miércoles del punto de medida E-1 sufre un incremento, acercándose a la gráfica del punto E-3, pero debe recordarse que ese miércoles corresponde con

el día 15/08/2012, que fue día festivo de carácter nacional, por lo que puede ser lógico ese comportamiento que es similar a lo que ocurre el sábado y domingo.

Obviando por ello el miércoles en ambos edificios, la diferencia media a lo largo de la semana es de unos 19.2 ± 0.7 dBA. Mientras que esa diferencia durante el fin de semana se reduce a 17.3 ± 0.1 dBA. Por tanto, igual que en invierno, se puede concluir que los días no laborables, son los días con más ruido de fondo en ambos edificios. Siendo en el punto E-3 (el más cercano a la A-5052), superior en unos 17 dBA.

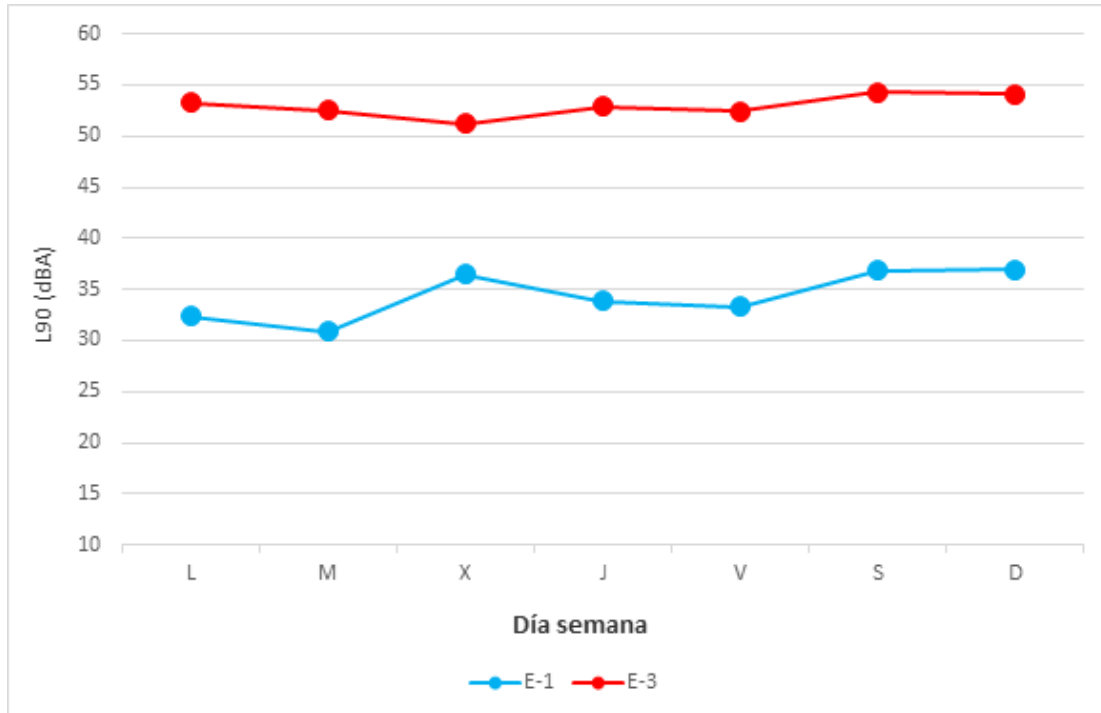


Figura 4.90. L90 (verano): E-1 y E-3 en dBA

A continuación se comparan, durante el invierno, las pendientes de los niveles de ruido $LA_{eq5'}$ medidos entre las 5:00 y 8:00 horas a lo largo de toda la semana estival, obteniéndose las gráficas de la Figura 4.91.

Observándola cabe de nuevo destacar tres hechos: 1) Que el miércoles hay una bajada espectacular de la pendiente en el punto E-1 hasta los niveles del sábado y domingo. De nuevo ello estaría justificado por coincidir el miércoles, en el punto E-1 con el día 15/08/2012 que fue un día festivo de carácter nacional. 2) El segundo hecho es que obviando el miércoles, por dicha circunstancia, durante el resto de los días laborables, las pendientes en el punto E-1 son superiores en aproximadamente $0.12 \text{ dBA}/5'$ (equivalente a $1.4 \text{ dBA}/h$), a las del punto de medida E-3. 3) Que en los días no laborables (los fines de semana en este caso) las gráficas se aproximan, estando la del E-1 solamente $0.2 \text{ dBA}/h$ por encima de la del punto E-3.

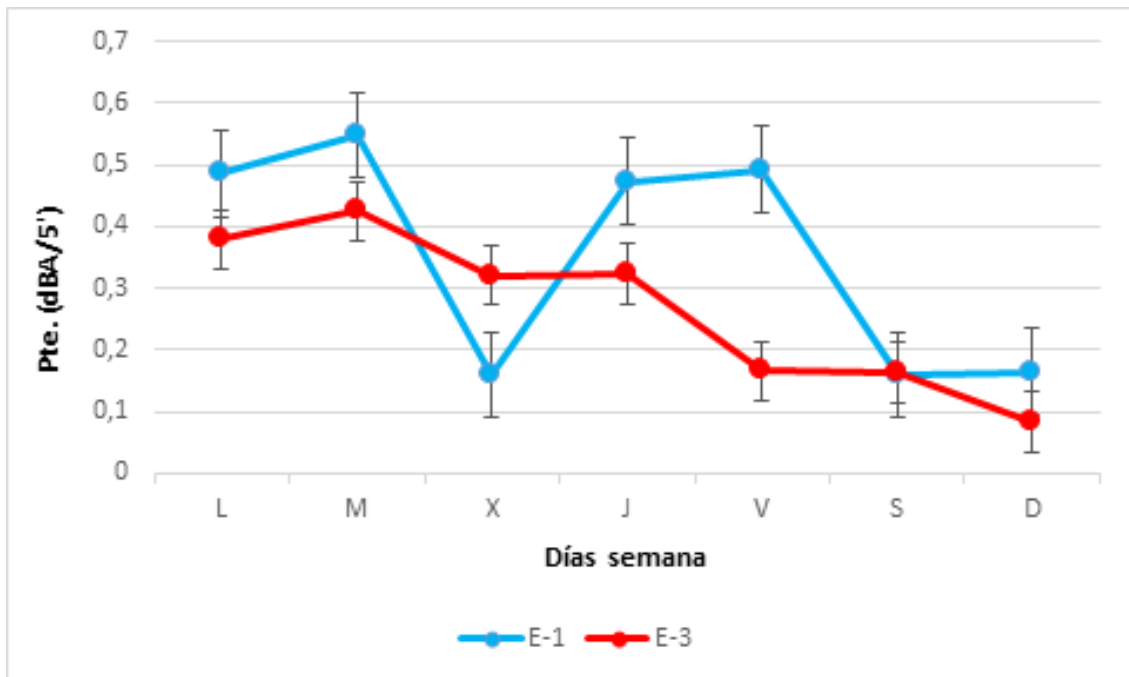


Figura 4.91. Verano-Pendientes (5:00 a 8:00 h): E-1 y E-3, nivel de confianza del 95 %

Lo cual podría interpretarse de nuevo con lo indicado en el punto 4.3.2. en relación con el patrón de comportamiento de los conductores, es decir que en verano el flujo de vehículos entre las 5:00 y las 8:00 h en los días laborables es debido sobre todo a los residentes que se desplazan a primera hora de la jornada puramente por motivos laborales, y más tarde por los no residentes que acceden a El Portil y a El Rompido por motivos de trabajo, estando por tanto el flujo de tráfico más concentrado en ese periodo de tiempo, mientras que en los días no laborables ese patrón de comportamiento es distinto, siendo ese flujo de vehículos debido más a causas lúdicas, no relacionadas con motivos laborales, y por tanto mucho más arbitrarias. Coincidiendo ese patrón de comportamiento de las personas tanto en el edificio E-1 como con el E-3, ya que aunque hay mucha diferencia en el volumen de tráfico entre uno y otro punto de medida, la pendiente no depende de ese volumen, sino precisamente del comportamiento.

Capítulo V

CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL PRESENTE EN LA RESERVA NATURAL DE LA LAGUNA DEL PORTIL

Primeramente conviene reseñar que la Reserva Natural de la Laguna del Portil (RNLP), de acuerdo con el Real Decreto Ley (RD 1367, 2007), debería considerarse como zona acústica tipo *g*), es decir: *“Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica”*. Pues bien, ni la legislación europea, ni la Española, ni la Andaluza establecen objetivos de calidad acústica para estas zonas, pero que aquellas comunidades autónomas, o entidades locales que hasta este momento los han establecido, como por ejemplo la Comunidad Autónoma del País Vasco (DECRETO 213, 2012), los han hecho coincidir con los de las zonas acústicas de tipo *e*), es decir *“Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera de especial protección contra la contaminación acústica”*. Por tanto podría suponerse para la RNLP unos objetivos de: $L_d = 60$ dBA, $L_e = 60$ dBA y $L_n = 50$ dBA (RD 1367, 2007).

Debe además tenerse en cuenta que dentro de la RNLP, como en la mayoría de las áreas naturales protegidas, no existen fuentes de ruido antropogénicas sino que todas las fuentes son de origen natural (Barber, et al., 2011), como son las meteorológicas (viento, lluvia, etc.), y las debidas a la fauna (insectos, reptiles, aves, anfibios, y pequeños mamíferos) Además en la RNLP no existen barreras naturales (colinas, montañas, etc.), que impidan la propagación libre del sonido, ya que la masa forestal que la constituye, compuesta de arbustos y árboles de unos 7,0 m de altura, y con una densidad media de 0,04 pinos/m², apenas si ejercen atenuación al sonido (Tarrero, 2002).

5.1. MUESTREOS EN INVIERNO

Siguiendo la técnica de muestreo espacial indicada en el punto 3.3.2., los datos obtenidos para el invierno, en los 43 puntos seleccionados, se indican en la siguiente Tabla V-1.

Ptos. Muestreo	LeqT (i)	Leq1" max (i)	Ptos. Muestreo	LeqT (i)	Leq1" max (i)	Ptos. Muestreo	LeqT (i)	Leq1" max (i)
INVIERNO			INVIERNO			INVIERNO		
1	46,3	55,4	16	29,1	34,4	31	44,7	50,0
2	41,0	51,2	17	28,9	31,0	32	45,2	51,1
3	37,5	48,5	18	28,7	31,1	33	45,9	51,5
4	33,6	35,9	19	30,5	35,4	34	49,2	56,1
5	36,1	36,1	20	31,6	34,8	35	47,7	52,8
6	32,9	36,9	21	31,2	36,7	36	47,3	53,8
7	31,8	36,8	22	31,5	37,1	37	48,8	54,2
8	32,5	35,2	23	31,8	38,3	38	49,8	54,1
9	37,9	48,8	24	33,1	37,7	39	50,3	55,3
10	29,7	33,6	25	34,6	39,5	40	51,4	57,8
11	29,6	32,6	26	35,1	43,1	41	59,6	62,2
12	42,4	51,9	27	34,6	41,7	42	62,7	65,4
13	30,3	36,6	28	33,6	37,9	43	63,9	64,8
14	30,7	37,8	29	34,9	39,8			
15	29,3	33,7	30	35,1	37,7			

Tabla V-1. Resultados de muestreo espacial en la RNLP en invierno (dBA)

Con los datos de LeqT y Leq1"max de la tabla anterior trasladados a una gráfica, se obtiene la siguiente Figura 5.1.

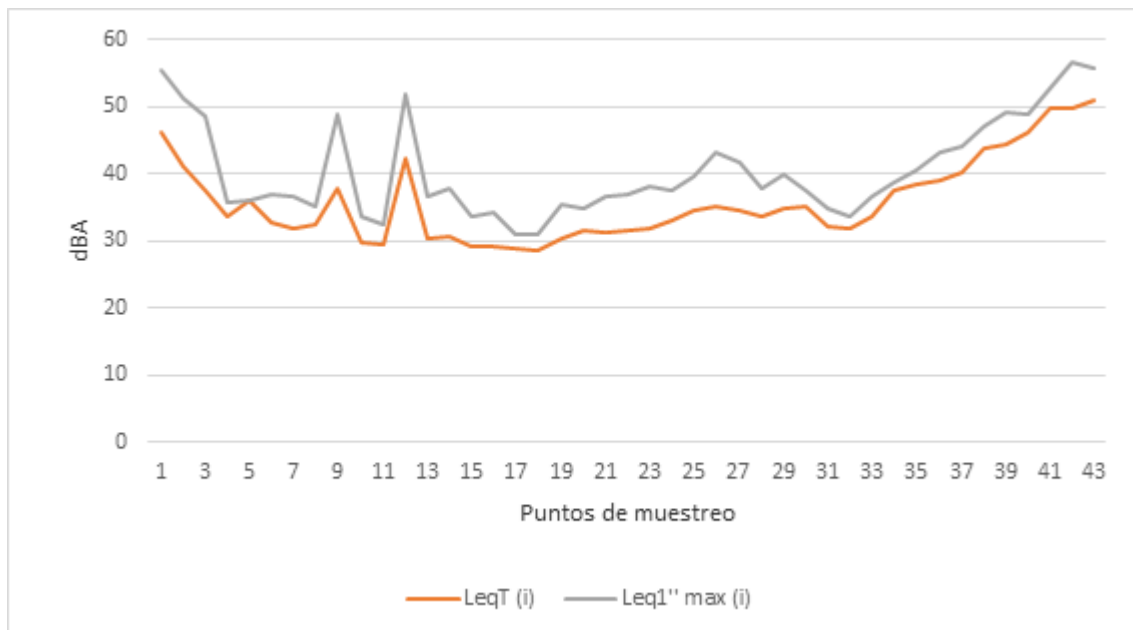


Figura 5.1. Gráfica de medidas de muestreo puntual en la RNLP en invierno.

De su análisis destacan los picos que se producen en los puntos de medida 09 y 12 con respecto a sus puntos adyacentes. Valores de los picos que están justificados por la existencia de aves volando (golondrina común y vencejo común, en periodo de nidificación) en el primero de ellos, y de ranas (en época de apareamiento) en el segundo, lo cual hace que las mediciones en estos puntos destaquen del resto. La aplicación el test de Grubbs a estos dos puntos, en relación a sus más próximos, demostró que son valores atípicos (outliers), lo cual justifica que se eliminaran en el cálculo de los mapas de isófonas de la RNLP, tal como se puede apreciar en la Figura 5.2.

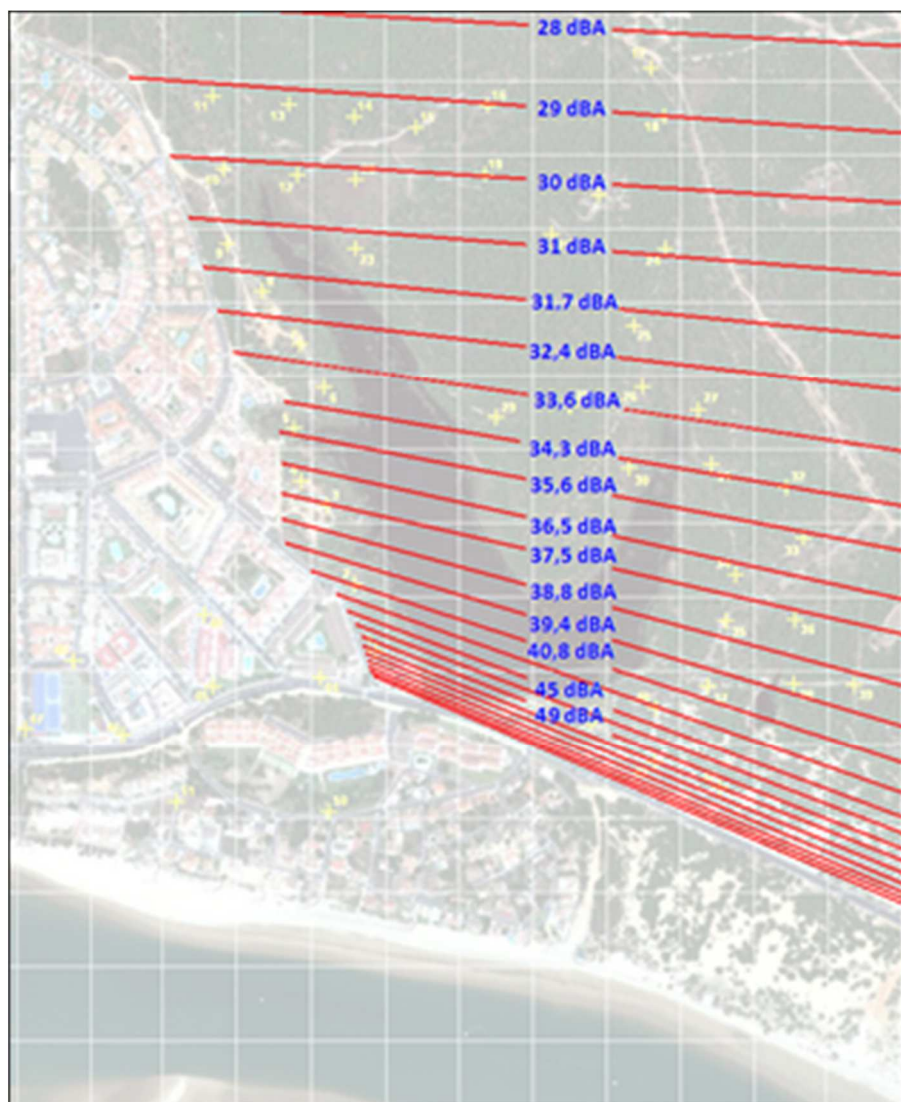


Figura 5.2. Mapa de isófonas en la RNLP, en invierno.

En él puede observarse como las isófonas son bastante paralelas entre sí, y a la carretera A-5052, formando todas ellas un gradiente de campo escalar. Cuanto más cerca se encuentran las isófonas de la carretera, más próximas están entre sí, y por

el contrario, más separadas cuanto más alejadas están de la A-5052. Ello viene a indicar que el ruido se propaga perpendicularmente a la carretera, lo que confirma que en invierno esta carretera es la principal fuente de ruido que afecta a la RNLP. Todas estas circunstancias se analizan más profusamente en el siguiente apartado 5.1.1.

5.1.1. VARIACIÓN DE NIVELES CON LA DISTANCIA A LA CARRETERA A-5052

Para estudiar cómo varía el nivel de ruido en la RNLP con la distancia a la carretera A-5052, se han medido las distancias desde cada uno de los 43 puntos de muestreo a la carretera, y se les ha asociado el $LeqT$ que le corresponde a cada uno de los puntos (corregidos previamente los puntos 09 y 12 con los valores medios de sus puntos adyacentes), obteniéndose para la temporada invernal la siguiente Tabla V-2. En ella además se han ordenado los puntos de muestreo de menor a mayor nivel de ruido.

Pto. Medida	LeqT (i) INVIERNO	Distancia A-5052	Pto. Medida	LeqT (i) INVIERNO	Distancia A-5052	Pto. Medida	LeqT (i) INVIERNO	Distancia A-5052
18	28.7	893.5	23	31.8	700.0	3	37.5	368.2
17	28.9	939.3	32	31.9	550.0	34	37.7	283.5
16	29.1	756.8	31	32.1	537.2	35	38.5	252.5
15	29.3	883.1	8	32.5	639.7	36	39.1	242.6
11	29.6	893.6	6	32.9	602.3	37	40.2	151.6
10	29.7	783.5	24	33.1	497.9	2	41.0	161.5
13	30.3	883.0	4	33.6	329.9	38	43.7	99.0
19	30.5	809.7	28	33.6	538.6	39	44.5	162.9
12	30.6	801.9	33	33.8	498.7	40	46.2	82.2
14	30.7	879.0	27	34.6	519.2	1	46.3	54.7
21	31.2	774.9	25	34.6	537.7	41	49.7	13.1
22	31.5	814.9	29	34.9	460.5	42	49.9	11.2
20	31.6	770.2	26	35.1	420.7	43	51.1	10.5
9	31.7	691.5	30	35.1	464.4			
7	31.8	683.4	5	36.1	368.8			

Tabla V-2. Niveles (dBA) en función de la distancia (m) a la carretera A-5052 en invierno

Trasladando los anteriores datos a una gráfica, en la que se representen los valores de los índices $LeqT$ frente a la distancia a la carretera A-5052, se obtiene la siguiente Figura 5.3.

En ella se han añadido además la tendencia de las distancias a la A-5052 frente a los valores de $LeqT$ ordenados estos de menor a mayor, (a través de la recta ajustada de regresión). Analizando esta tendencia podemos observar que cuando el $LeqT$ aumenta, la distancia a la carretera A-5052 disminuye. Y cuya recta de regresión ajustada al 95% tiene una ecuación que responde a:

$$L_{eqT} = (45.6 \pm 0.7) - (0.0199 \pm 0.0012) \cdot d$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0.8693$

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = S_y / \sqrt{n} = 6.1036 / \sqrt{43} = 0.9308$

Que proporciona la variación lineal del nivel de ruido $LeqT$ en invierno, con relación a la distancia (d) en metros a la carretera A-5052.

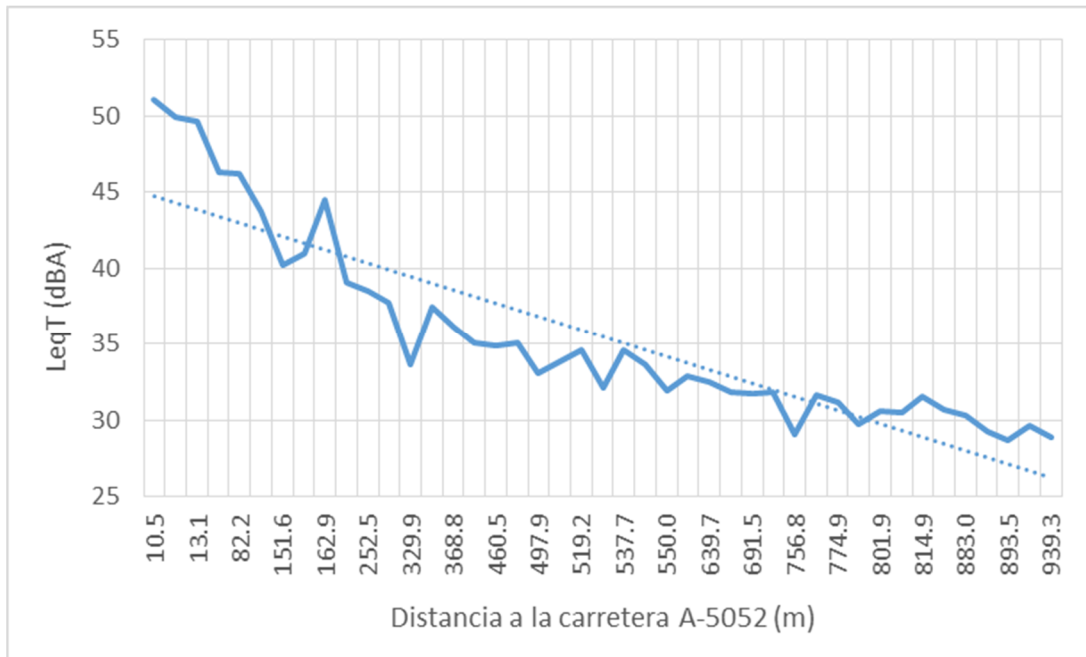


Figura 5.3. RNLP variación del nivel de ruido con la distancia a la A-5052 (invierno).

De ella se deduce que por cada metro que nos alejamos de la A-5052 obtenemos una disminución media de (0.0199 ± 0.0012) dBA en el nivel de ruido en el periodo invernal.

En la Figura 5.3 se observa además que solamente en los puntos 11, 17 y 18, los más alejados de la carretera A-5052, y los puntos 41, 42 y 43 que son de los más cercanos, se salen de esa tendencia lineal. Esto último puede ser debido a que a esas distancias tan pequeñas, el modelo de fuente lineal deja de ser válido, hecho que podría estar relacionado con el efecto de la divergencia geométrica y al efecto suelo, tal como propone (Lamure, 1986).

Observándola detenidamente, se aprecia además una cierta curvatura en la gráfica de variación del $LeqT$ con la distancia a la carretera A-5052, ya que los puntos de medida de los dos extremos quedan por encima de la recta de regresión, y los centrales por debajo de ella. El hecho anterior se ratifica también a partir de la gráfica de residuos frente a la distancia a la carretera A-5052, de la siguiente Figura 5.4.

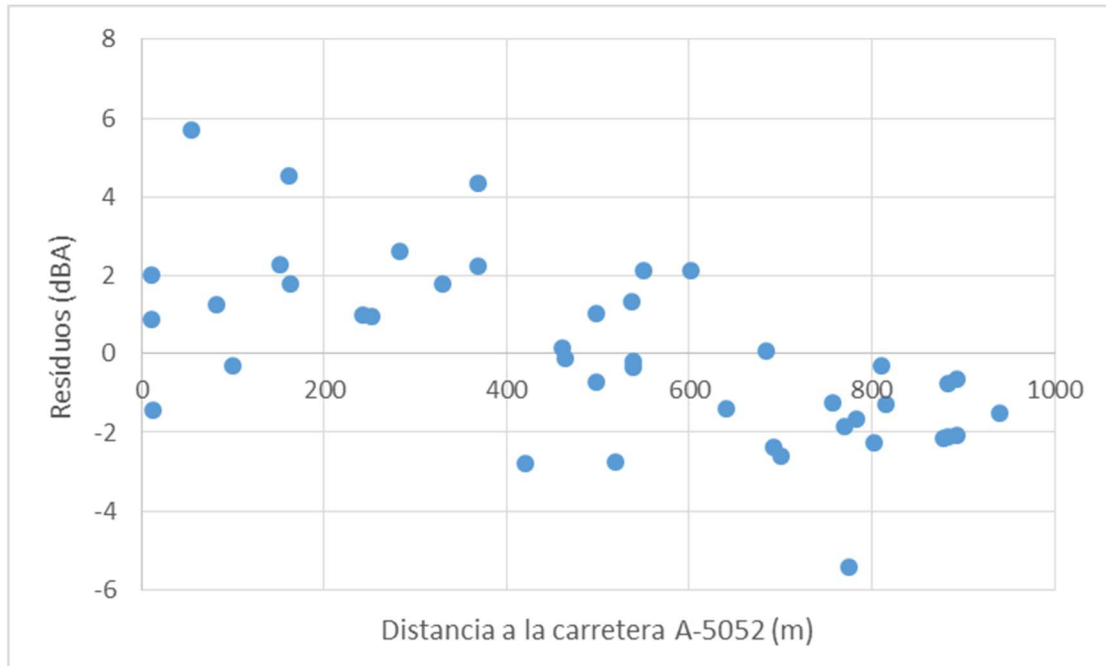


Figura 5.4. Gráfica de los residuos en relación a la distancia a la A-5052 en invierno

En ella se observa que los signos de los residuos muestran un comportamiento no aleatorio, sino que presentan desviaciones sistemáticas respecto a la línea de ajuste. Lo cual puede ser debido a la utilización inadecuada, para describir las medidas realizadas, de un modelo lineal, cuando en su lugar se debería haber utilizado un modelo logarítmico o potencial

Calculando la incertidumbre estándar de un valor predicho por el ajuste, obtenida a partir de la varianza residual:

$$S(R) = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}}{\sqrt{n(n-2)}} = \frac{14.47}{\sqrt{43 \cdot 41}} = 0.35$$

Obteniéndose un valor en torno a 0.4 que es aceptable, teniendo en cuenta que los valores de los niveles equivalentes están oscilando entre los 30 y 50 dBA.

Por todo ello a continuación se ha representado el $LeqT$ frente al logaritmo de la distancia a la carretera A-5052, a través de su curva de regresión ajustada para la temporada invernal, pero aprovechando a su vez para suprimir los tres puntos más cercanos a la carretera (puntos: 41, 42 y 43), por los motivos indicados anteriormente, observándose que la misma se ajusta muy bien a una recta, tal como se muestra en la siguiente Figura 5.5.

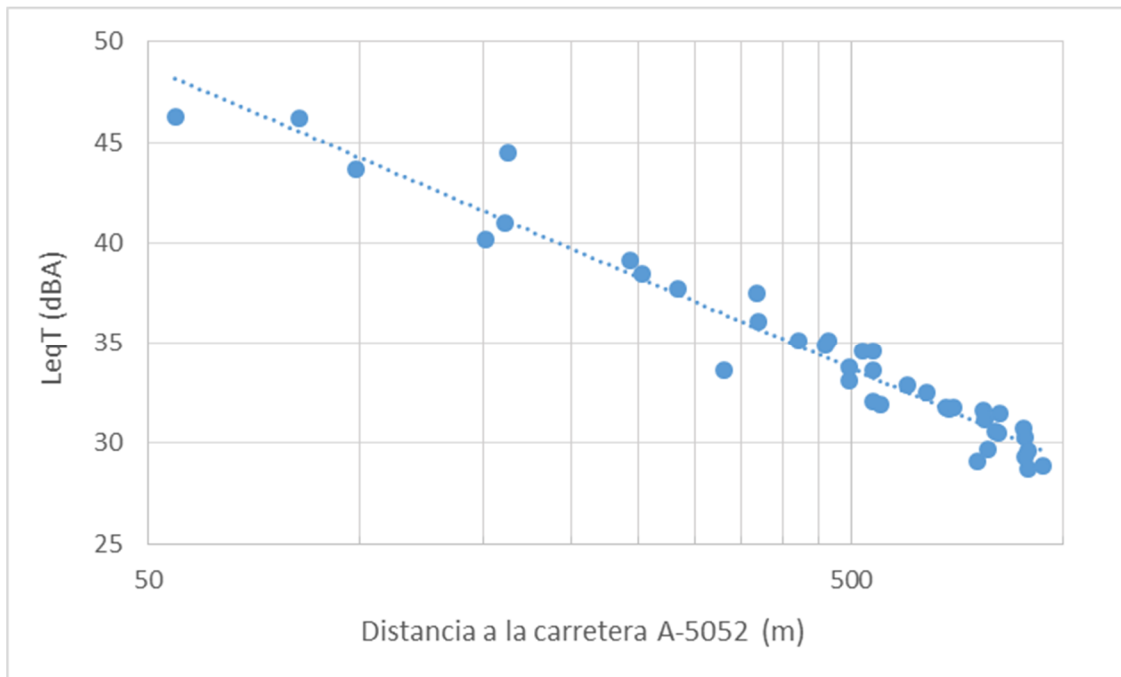


Figura 5.5. Curva de regresión ajustada en la RNLP (invierno)

Cuya curva de regresión responde a la ecuación:

$$L_{eqT} = (74.3 \pm 1.5) - (15.0 \pm 0.6) \cdot \log(d)$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0.9470$

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = \frac{S_y}{\sqrt{n}} = \frac{4.7442}{\sqrt{40}} = 0,7501$

Donde (d) representa la distancia en metros a la carretera A-5052 y las incertidumbres de los parámetros se han dado al 95% de confianza ($2.0 \cdot \sigma$).

Este comportamiento lineal del nivel equivalente con respecto al logaritmo de la distancia (d) a la carretera, confirma el modelo matemático propuesto por (Bolívar Raya, 2001) para predecir el ruido del tráfico rodado, que indica:

$$L_{eqT} = A + B \cdot \log q + C \cdot p + D \cdot v - E \cdot \log d$$

Dónde: q (aforo de vehículos por hora de la vía), p (el % de vehículos pesados), v (la velocidad media de los vehículos), d (la distancia desde el punto de medida al centro de la calzada), y A, B, C, D y E (son constantes que dependen del lugar y la calzada concreta); y por tanto fijado el aforo, el % de vehículos pesados, y la

velocidad de los vehículos que circulan por dicha calzada, la expresión quedaría como:

$$L_{eqT} = K_1 - K_2 \cdot \log[d]$$

Es decir, una expresión que es del mismo tipo de la que se ha obtenido anteriormente de forma empírica.

5.2. MUESTREOS EN VERANO

Igualmente, siguiendo la técnica de muestreo espacial indicada en el punto 3.3.2., los datos obtenidos en el muestreo estival, en la RNLP, se indican en la Tabla V-3.

Ptos. Muestreo	LeqT (v)	Leq1" max (v)	Ptos. Muestreo	LeqT (v)	Leq1" max (v)	Ptos. Muestreo	LeqT (v)	Leq1" max (v)
VERANO			VERANO			VERANO		
1	51.1	59.9	16	34.1	39.9	31	44.7	50.0
2	49.2	57.6	17	34.4	40.3	32	45.2	51.1
3	44.6	52.2	18	33.9	39.7	33	45.9	51.5
4	41.7	48.8	19	34.9	40.2	34	49.2	56.1
5	42.2	49.4	20	35.7	40.6	35	47.7	52.8
6	37.3	43.7	21	38.0	43.3	36	47.3	53.8
7	36.4	42.6	22	36.8	43.1	37	48.8	54.2
8	35.9	42.0	23	37.5	42.8	38	49.8	54.1
9	38.7	46.3	24	38.4	43.8	39	50.3	55.3
10	35.2	40.1	25	39.8	44.3	40	53.4	57.8
11	34.8	39.6	26	40.4	45.0	41	61.6	62.2
12	36.4	42.6	27	44.5	49.3	42	65.9	66.4
13	34.1	39.9	28	41.8	45.4	43	63.9	64.8
14	34.3	40.2	29	42.7	46.7			
15	34.6	40.5	30	43.8	50.1			

Tabla V-3. Resultados de muestreo espacial en la RNLP en verano (dBA)

Con los datos de muestreo espacial en la temporada estival, recogidos en las 43 fichas de campo, y siguiendo el mismo procedimiento a como se hizo para la temporada invernal, estos datos se han trasladado a una gráfica, donde aparezcan los resultados de las medidas LeqT, y LAeq1"max para cada uno de esos mismos 43 puntos de muestreo, tal como se puede observar en la Figura 5.6.

A pesar de ser los mismos puntos de muestreo, las circunstancias por incidencias debidas a presencia de animales durante la medición fue muy distinta a cuando se realizó en la temporada invernal, sobre todo por la disminución de la actividad sonora de dichos animales, al no coincidir en este caso con los periodos de apareamiento y nidificación como ocurrió durante las medidas en invierno.

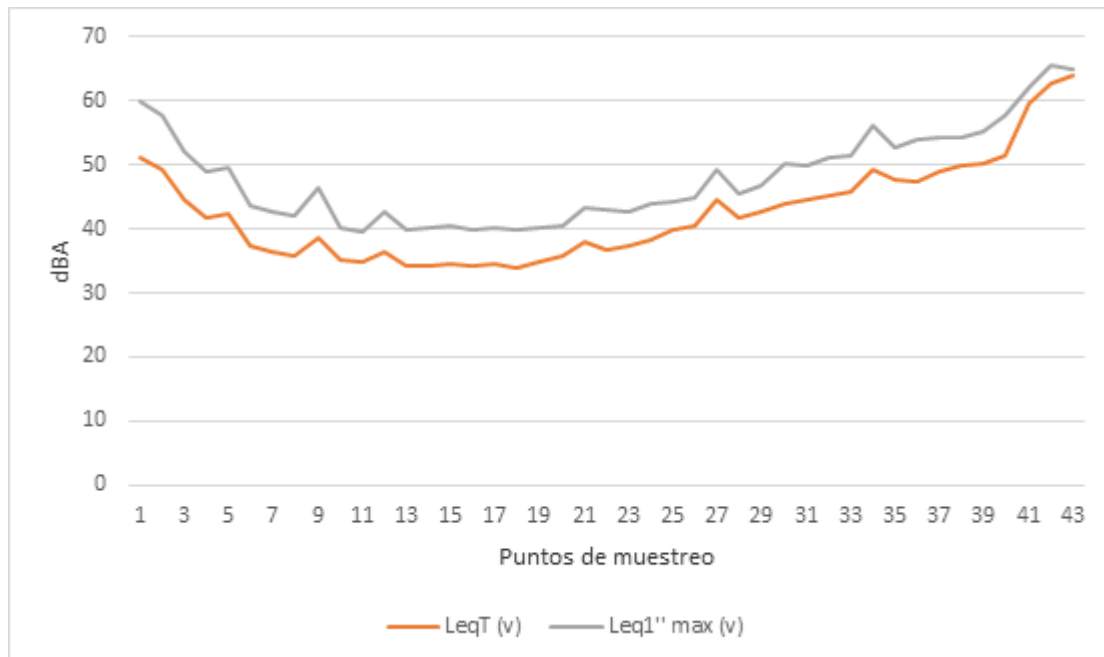


Figura 5.6. Gráfica de medidas de muestreo puntual en la RNLP en verano.

Si se compara esta gráfica con la anterior del periodo invernal (Figura 5.1), se observa una mayor estabilidad y continuidad en la evolución de las medidas entre unos y otros puntos de muestreo. Además cabe destacar la existencia de picos muchos menores que en la anterior, los cuales además de situarse en los puntos 09 y 12, también aparecen en los puntos 27 y 34, todos ellos se corresponden con la presencia de patos, anfibios, y otras aves acuáticas en las proximidades de dichos puntos de muestreo.

También se observa que solo unos cuantos puntos (41, 42 y 43) que son los más cercanos a la carretera, se superan los 60 dBA, que sería el objetivo para el límite de inmisión dentro de espacios naturales protegidos, tal como se indicó en la introducción del presente capítulo.

De nuevo igual como se hizo en invierno, con estas medidas puntuales de la estación estival, corrigiendo previamente las medidas de los puntos 09, 12, 27 y 34, se pudo confeccionar una aproximación al mapa de isolíneas de la RNLP en verano, tal como se muestra en la Figura 5.7.



Figura 5.7. Mapa de isófonas en la RNLP, en verano.

De su observación, igual como ocurría en invierno, se puede afirmar que el ruido se propaga perpendicularmente a la carretera, y de ello concluir que también en verano esta carretera A-5052 es la principal fuente de ruido que afecta a toda la RNLP. Lo cual se analiza con mucho más detalle en el siguiente apartado 5.2.1.

Además, las gráficas de las Figuras 5.1 y 5.6 permiten obtener una aproximación al ruido de fondo en la RNLP. Teniendo en cuenta que los puntos del 11 al 23 están suficientemente alejados, más de 800 m, de la principal fuente de ruido (la carretera A-5052), se observa que todos ellos presentan un mínimo de ruido uniforme (plató), y con él puede estimarse que el ruido de fondo (en periodo de tarde) es de 30.3 dBA en invierno y de 35.3 dBA en verano. Estimándose por tanto una diferencia de unos 5,0 dBA entre el verano y el invierno, lo cual podría deberse a una mayor actividad de la fauna en esta época del año, aunque todo ello se analizará mucho más detenidamente en el punto 5.3.1.

5.2.1. VARIACIÓN DE NIVELES CON LA DISTANCIA A LA CARRETERA A-5052

Para comprobar la variación de los niveles de ruido en la RNLP con la distancia a la carretera A-5052, se ha repetido el proceso que se llevó a efecto en la temporada invernal, obteniéndose los valores de la Tabla V-4, en la que también se han ordenado los puntos de medida en función de su LeqT.

Pto. Medida	LeqT (v) VERANO	Distancia A-5052	Pto. Medida	LeqT (v) VERANO	Distancia A-5052	Pto. Medida	LeqT (v) VERANO	Distancia A-5052
18	33,9	893,5	6	37,3	602,3	33	45,9	498,7
16	34,1	756,8	23	37,5	700,0	34	46,2	283,5
13	34,1	883,0	21	38,0	774,9	36	47,3	242,6
14	34,3	879,0	24	38,4	497,9	35	47,7	252,5
17	34,4	939,3	25	39,8	537,7	37	48,8	151,6
15	34,6	883,1	26	40,4	420,7	2	49,2	161,5
11	34,8	893,6	27	40,5	519,2	38	49,8	99,0
19	34,9	809,7	4	41,7	329,9	39	50,3	162,9
12	35,2	801,9	28	41,8	538,6	1	51,1	54,7
10	35,2	783,5	5	42,2	368,8	40	51,4	82,2
9	35,5	691,5	29	42,7	460,5	41	59,6	13,1
20	35,7	770,2	30	43,8	464,4	42	62,7	11,2
8	35,9	639,7	3	44,6	368,2	43	63,9	10,5
7	36,4	683,4	31	44,7	537,2			
22	36,8	814,9	32	45,2	550,0			

Tabla V-4. Niveles en función de la distancia a la carretera A-5052 (verano)

Que si igualmente que en la temporada invernal, se representa de forma gráfica, incluidas su tendencia de variación a través de la recta ajustada de regresión, se obtiene la siguiente Figura 5.8.

Figura a la que también se ha añadido además la tendencia de las distancias a la A-5052 frente a los valores de LeqT ordenados estos de menor a mayor, (a través de la recta ajustada de regresión). Analizando esta tendencia podemos observar que cuando el LeqT aumenta, la distancia a la carretera A-5052 disminuye. Y cuya recta de regresión ajustada al 95%, tiene una ecuación que responde a:

$$L_{eqT} = (54.9 \pm 0.9) - (0.0249 \pm 0.0016) \cdot d$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0.8514$

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = S_y / \sqrt{n} = 7.7014 / \sqrt{43} = 1.1745$

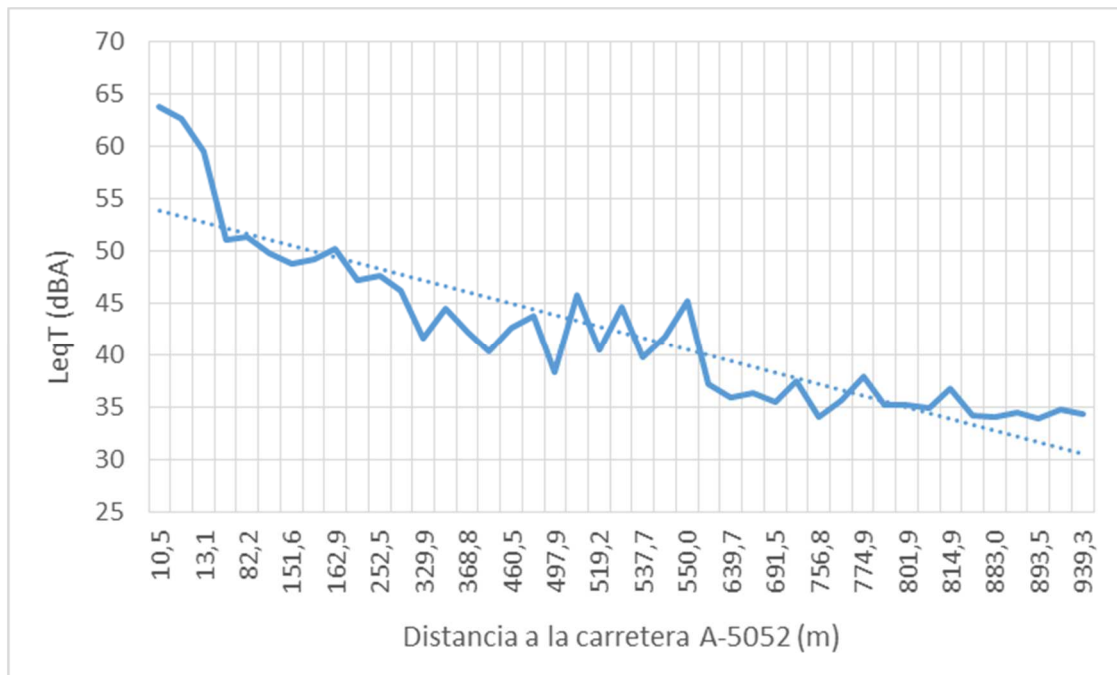


Figura 5.8. RNLP variación del nivel de ruido con la distancia a la A-5052 (verano).

La anterior ecuación de la recta de regresión, proporciona la variación lineal del nivel de ruido $LeqT$ en verano, con relación a la distancia (d) en metros a la carretera A-5052. Que indica que por cada metro que nos alejamos de la A-5052 obtenemos una disminución media de 0.0249 dBA en el nivel de ruido en el periodo estival.

En la Figura 5.8 se detecta de nuevo, que son los puntos 11, 17 y 18, los más alejados de la carretera A-5052, y sobre todo los puntos 41, 42 y 43 que son los más cercanos, los que se salen de esa tendencia lineal. Este hecho es de suponer que se debe nuevamente, a que a esas distancias tan reducidas respecto a la carretera, el modelo de fuente lineal de ruido deja de ser válido. Circunstancia que podría ser debida al efecto de la divergencia geométrica y al efecto suelo, tal como se propone en (Lamure, 1986).

Observando la Figura 5.8 más detenidamente, de nuevo se aprecia igual que ocurría en la figura correspondiente a la temporada invernal, es decir que existe una cierta curvatura en la gráfica de los valores del nivel equivalente, ya que los puntos de medida de los dos extremos quedan por encima de la recta de regresión, y los de los puntos centrales por debajo de ella. Para estudiar esta circunstancia con más detalle, igual que se hizo en la temporada invernal, se ha construido la gráfica de residuos frente a la distancia a la carretera A-5052, como se puede observar en la siguiente Figura 5.9.

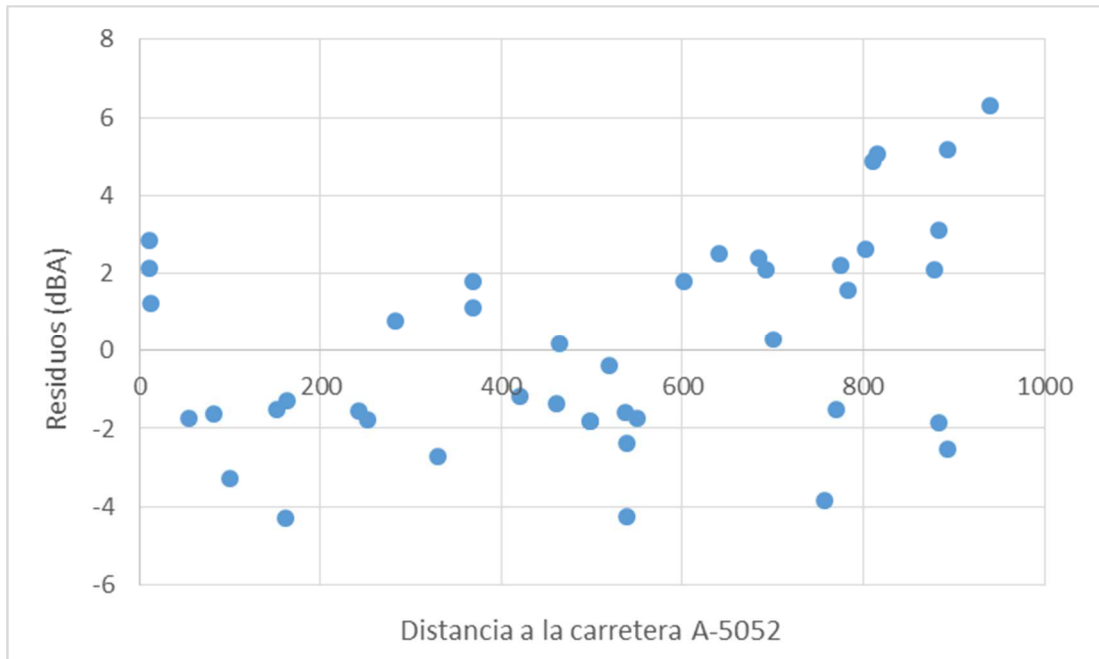


Figura 5.9. Gráfica de los residuos en relación a la distancia a la A-5052 en verano

En ella, se repite que los signos de los residuos no son aleatorios, sino que presentan desviaciones sistemáticas respecto a la línea de ajuste.

Calculando la incertidumbre estándar de un valor predicho por el ajuste, determinándola a partir de la varianza residual:

$$S(R) = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y}_i)^2}}{\sqrt{n(n-2)}} = \frac{17.35}{\sqrt{43 \cdot 41}} = 0.41$$

Obteniéndose también un valor en torno a 0.4, que se puede considerar aceptable, teniendo en cuenta que los valores de los niveles equivalentes están oscilando en este caso, entre los 35 y 65 dBA.

De su observación se desprende también que los signos de los residuos no son aleatorios, sino que presentan desviaciones sistemáticas.

Es por todo ello, por lo que repitiendo el mismo proceso que en la temporada invernal, a continuación se ha representado el L_{eqT} frente al logaritmo de la distancia a la carretera A-5052, a través de su curva de regresión ajustada en verano, pero suprimiendo los tres puntos más cercanos a la carretera, por los motivos indicados anteriormente, observándose que se ajusta muy bien a una recta, tal como se muestra en la siguiente Figura 5.10.

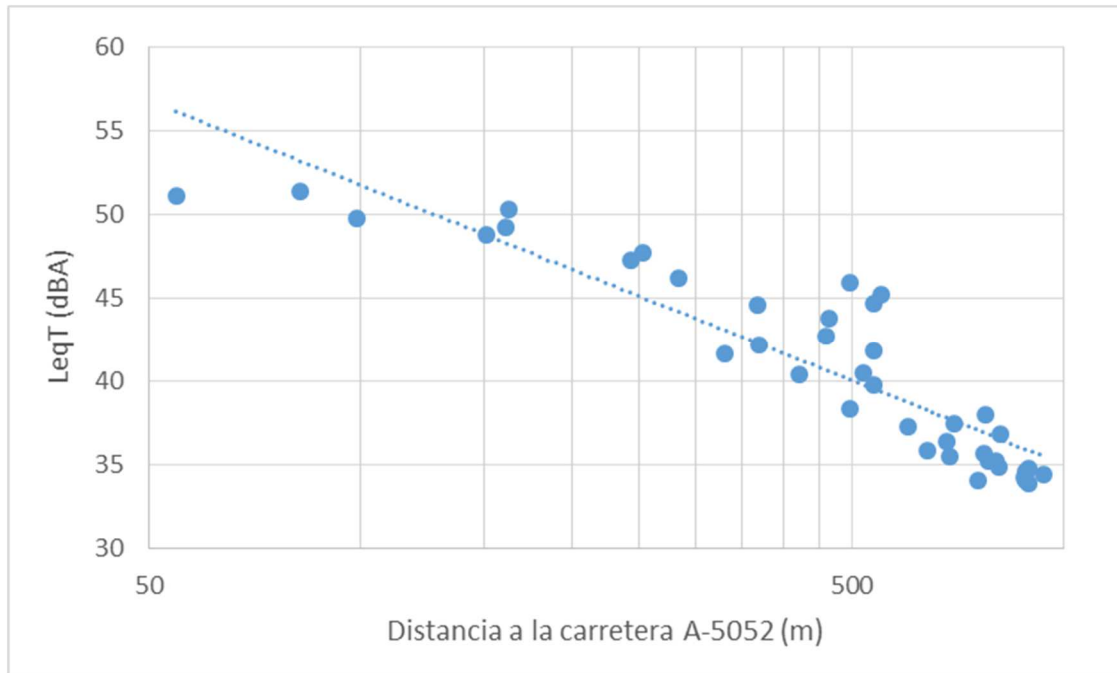


Figura 5.10. Curva de regresión ajustada en la RNLP (verano)

En ella se puede observar que los puntos también siguen una tendencia lineal como ocurría en la temporada invernal, aunque aquí están mucho más distantes que en la gráfica de la Figura 5.5 de esa linealidad, lo cual puede ser razonable, teniendo en cuenta que durante el verano además de la carretera, existen otras fuentes de ruido: fauna, actividades de los visitantes, etc. que introducen mayor dispersión y por tanto peor ajuste. En este caso, la linealidad responde a la ecuación:

$$L_{eqT} = (83.9 \pm 3.8) - (16.2 \pm 1.4) \cdot \log(d)$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0.7756$

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = \frac{S_y}{\sqrt{n}} = \frac{5.6540}{\sqrt{40}} = 0,8939$

Donde de nuevo (d) representa la distancia en metros a la carretera A-5052. y las incertidumbres de los parámetros se han dado al 95% de confianza ($2.0 \cdot \sigma$).

Por tanto de nuevo se observa que sigue el comportamiento lineal propuesto por (Bolívar Raya, 2001),

$$L_{eqT} = K_1 - K_2 \cdot \log[d]$$

Para predecir el ruido del tráfico rodado.

5.3. COMPARACIÓN DE LOS MUESTREOS ENTRE EL INVIERNO Y EL VERANO

Vista la evolución del ruido en la RNLP, a través de los muestreos espaciales, en cada una de las temporadas del año, en este punto se procederá a comparar entre sí los resultados de las mismas.

5.3.1. COMPARACIÓN DIRECTA

Sí ahora se representa en abscisas los datos de $LeqT(i)$ frente a los de $LeqT(v)$ en ordenadas, para cada uno de los 43 puntos de muestreo en la RNLP, se obtiene la gráfica de la Figura 5.11.

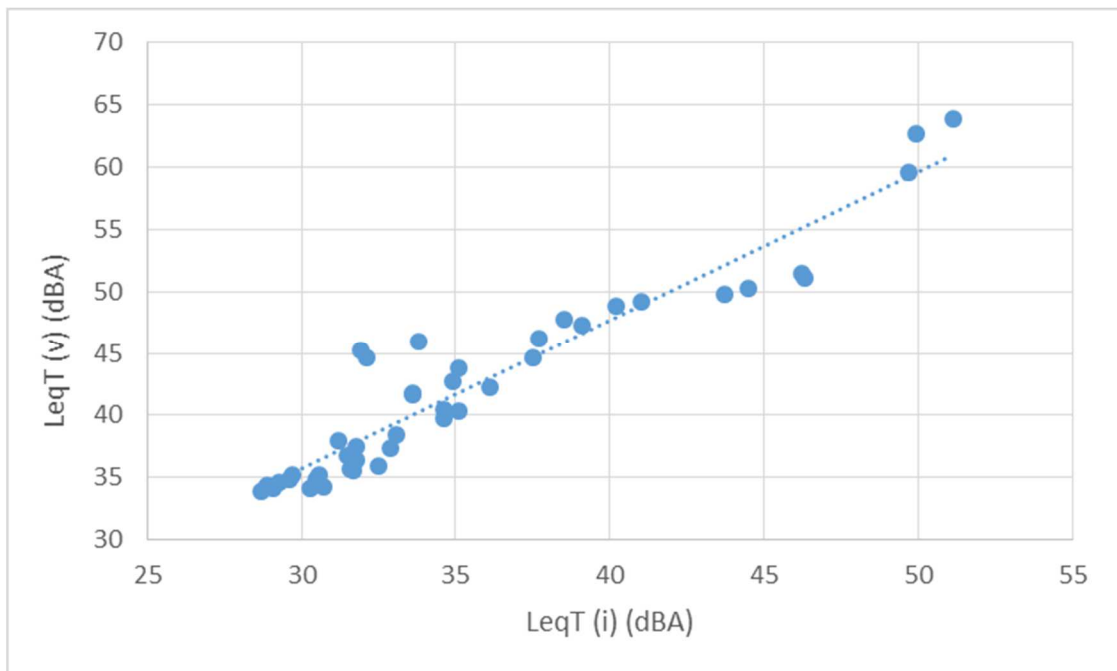


Figura 5.11. $LeqT(i)$ vs $LeqT(v)$ en los 43 puntos de muestreo de la RNLP.

Gráfica a la cual se le ha añadido la recta ajustada de regresión, con un nivel de confianza del 95%, y cuya ecuación responde a:

$$L_{eqT}(v) = (1.20 \pm 0.06) \cdot L_{eqT}(i) - (0.26 \pm 2.22)$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0.9025$

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = \frac{S_y}{\sqrt{n}} = \frac{7.7014}{\sqrt{43}} = 1.2$

Lo que viene a indicar, de que por cada dBA que aumenta el nivel equivalente en invierno, le corresponden 1.2 dBA en verano. Ya que se observa que la ordenada en el origen es prácticamente compatible con cero, y por tanto que ambas variables están perfectamente correlacionadas, lo que indica que, para un punto dado (x), el nivel de ruido en una estación (verano) es proporcional al del nivel de ruido del invierno, tomada como referencia.

Por otro lado, los valores de R^2 y SE indican que el ajuste es bastante bueno, y con ello que el patrón de comportamiento de la fuente principal de ruido (el tráfico rodado de la travesía de la carretera A-5052) es prácticamente el mismo en verano que en invierno, cambiando solamente la intensidad de ese tráfico entre ambas estaciones.

5.3.2. COMPARACIÓN DE LOS MAPAS DE ISOLÍNEAS

De la observación y comparación de los mapas de isolíneas de ambas temporadas. Figuras 5.2 y 5.7, lo primero que se desprende es que éstas son paralelas a la fuente lineal de ruido (carretera A-5052), y que aparecen mucho más juntas cuanto más próximo se está a la carretera, es decir, se tienen los mayores gradientes cuanto más próximo se está a la fuente principal de ruido, la carretera A-5052. Lo cual nos da idea de que el ruido se propaga perpendicularmente a esas isolíneas, y que el nivel de ruido depende de la distancia a la fuente, lo cual es totalmente razonable al tratarse de una fuente lineal de ruido. Pero además se observa que ese gradiente depende fundamentalmente de la carretera A-5052 y no por ejemplo de la calle Avoceta, que bordea por el oeste a la RNLP y la separa del área residencial, lo cual ratifica de nuevo que la carretera A-5052 es la principal fuente de ruido del Portil.

Si además se compara el mapa de isolíneas de invierno con el de verano, se detecta, que para las mismas posiciones, los niveles de L_{eqT} son mayores en verano que en invierno, con una diferencia aproximada de 10 dBA para los puntos más cercanos a la carretera, y de 6 dBA para los más alejados.

Que durante el día invernal, aquellos puntos de la RNLP que están en una franja de unos 8 m de la carretera, superan los 60 dB de objetivo de calidad acústica para espacios naturales protegidos, mientras que en verano esa franja se extiende hasta los 25 m.

Considerando los niveles de los puntos alejados más de 1000 m de la carretera, como valores de fondo en la RNLP, podría tomarse para éste unos niveles de: 29 dBA en invierno, y 35 dBA en verano. Y por tanto podría afirmarse que la carretera A-5052 afecta acústicamente a la RNLP hasta unos 1000 m de distancia, independientemente de que solo a los que están a menos de 25 m les provoque superar los niveles objetivo.

5.3.3. COMPARACIÓN A TRAVÉS DE LAS CURVAS DE REGRESIÓN

En los anteriores apartados 5.1.1 y 5.2.1, se vio que los mejores ajustes de la variación del $LeqT$ eran con el logaritmo de la distancia a la carretera. Por ello y para analizarlo con más profundidad se ha confeccionado la gráfica de la Figura 5.12, donde pueden observarse conjuntamente solo las dos curvas de regresión, de las Figuras 5.5 y 5.10, correspondientes a la temporada invernal y a la estival respectivamente.

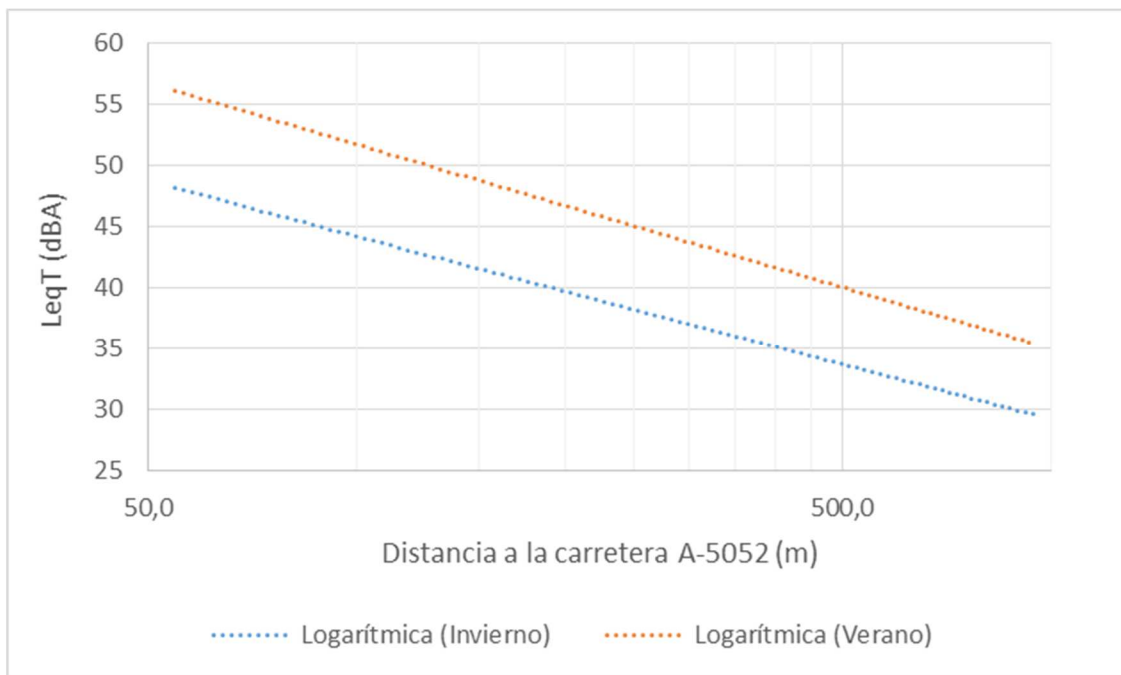


Figura 5.12. Comparativas de curvas regresión en la RNLP.

Si se analizan los valores de R^2 y las incertidumbres de los parámetros (constante y pendiente) de las curvas de regresión que se vieron en los apartados 5.1.1 y 5.2.1, éstos indican que las mediciones de $LeqT$ están más dispersas en verano que en invierno. Lo cual puede explicarse si se tiene en cuenta que durante el verano hay mayor proporción de vehículos pesados que en invierno (ver Tabla III-4), y a la influencia de otras fuentes de ruido relevantes que no existen en invierno. Así en verano se producen eventos acústicos propios de los turistas, procedentes de sus actividades lúdicas y recreativas, la propia fauna de la RNLP, etc. Todo ello puede distorsionar el ruido procedente exclusivamente del tráfico rodado de la carretera.

Comparando, a través de la Figura 5.12 las curvas de ajuste, se observa también que las pendientes son muy parecidas. Lo cual también se puede deducir de las ecuaciones de los dos ajustes, en las que los valores de las pendientes son muy similares si se tienen en cuenta las incertidumbres experimentales. Por ello se realiza a continuación el *Z-test* para analizar si sus pendientes son diferentes y poder

determinar si esa diferencia es significativa con un nivel de confianza del 95 %. Para ello se va a determinar el estadístico Z experimental:

$$Z_{exp} = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{S_2^2 + S_1^2}} = \frac{16.2 - 15.0}{\sqrt{(1.4)^2 + (0.6)^2}} = 0.8$$

Como el Z_{exp} es menor de 2, se puede afirmar que hay evidencias significativas para asegurar que ambas pendientes son exactamente iguales, con un nivel de confianza del 95 %.

Lo cual demuestra que la fuente principal sobre el fondo es la misma en verano e invierno (la carretera A-5052). Además que para un mismo punto de la RNLP la diferencia de niveles de ruido entre el verano y el invierno coincide con la diferencia de ordenadas en el origen, es decir:

$$(83.9 \pm 3.8) - (74.3 \pm 1.5) = 9.6 \pm 5.3$$

Indicando además que las potencias de la fuente en verano y en invierno son distintas, ya que el tráfico en ambas temporadas también lo es.

Por otro lado, teniendo en cuenta que la diferencia de niveles entre el verano y el invierno para una carretera es:

$$L_{eqT}(v) - L_{eqT}(i) = 10 \cdot \log \frac{Q_v}{Q_i}$$

Puede concluirse que la diferencia de las ordenadas en el origen es compatible con el resultado de 10 veces el logaritmo del cociente de los flujos de tráfico de la carretera A-5052.

Capítulo VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA MODELIZACIÓN; COMPARATIVA CON MEDIDAS EXPERIMENTALES

En este capítulo, con los mapas de ruido generales de toda el área de estudio, confeccionados con el software *CadnaA*, se han obtenido los datos de los niveles de ruido previstos por los mismos en los puntos de monitorización E-1 y E-3, así como en los mismos 43 puntos en los que se ejecutó el muestreo espacial en la RNLP. Procediéndose finalmente a la realización de una comparación exhaustiva de los mismos, con los resultados de: las monitorizaciones semanales, las monitorizaciones de 24 horas y con los de los muestreos espaciales en la RNLP, que permitiesen validar y contrastar los resultados obtenidos a través de los mapas de ruido de la modelización acústica con *CadnaA*.

6.1. MAPAS DE RUIDO

Especificados todos los datos de entrada al modelo, tal como se indica en el apartado 3.3. del capítulo de materiales y métodos, y de todos los parámetros necesarios para definir con precisión los escenarios sobre los que se realiza la simulación acústica, entre ellos la velocidad de los vehículos de la carretera A-5052 en 40 km·h⁻¹, que es la velocidad máxima permitida para esta vía por la Dirección General de Tráfico en el segmento de la travesía del Portil. Y la posterior definición del correspondiente mallado de cálculo (40 x 40 m), se obtuvieron los mapas de ruido de toda el área de estudio, para cada una de las épocas del año, y dentro de ellas para los periodos de día, tarde y noche. También se situaron receptores puntuales sobre los edificios de

los puntos de monitorización E-1 y E-3, a fin de obtener las evaluaciones de niveles en sus fachadas, también en cada periodos

Dentro de los mapas de ruido, se incorporaron incorporado etiquetas de nivel sonoro, de aquellos puntos que coinciden con las 43 marcas de medidas puntuales, en las que se llevó a efecto el muestreo espacial en la Reserva Natural de la Laguna del Portil, con el fin de poder contrastar estos mapas de ruido con las mediciones reales. Además los datos de estas etiquetas, en función del periodo que le correspondan, fueron trasladados a las fichas de campo de las medidas de muestreo puntual, para posteriormente realizar la comparación entre los niveles medidos y los niveles previstos en los mapas de ruido del modelo.

De todo este proceso, se obtuvieron los siguientes mapas:

- Mapa de ruido de DÍA en INVIERNO.
- Mapa de ruido de TARDE en INVIERNO.
- Mapa de ruido de NOCHE en INVIERNO.
- Mapa de ruido de DÍA en VERANO.
- Mapa de ruido de TARDE en VERANO.
- Mapa de ruido de NOCHE en VERANO.

Los cuales se muestran a continuación en las 6 figuras siguientes (de la 6.1. a la 6.6) respectivamente.

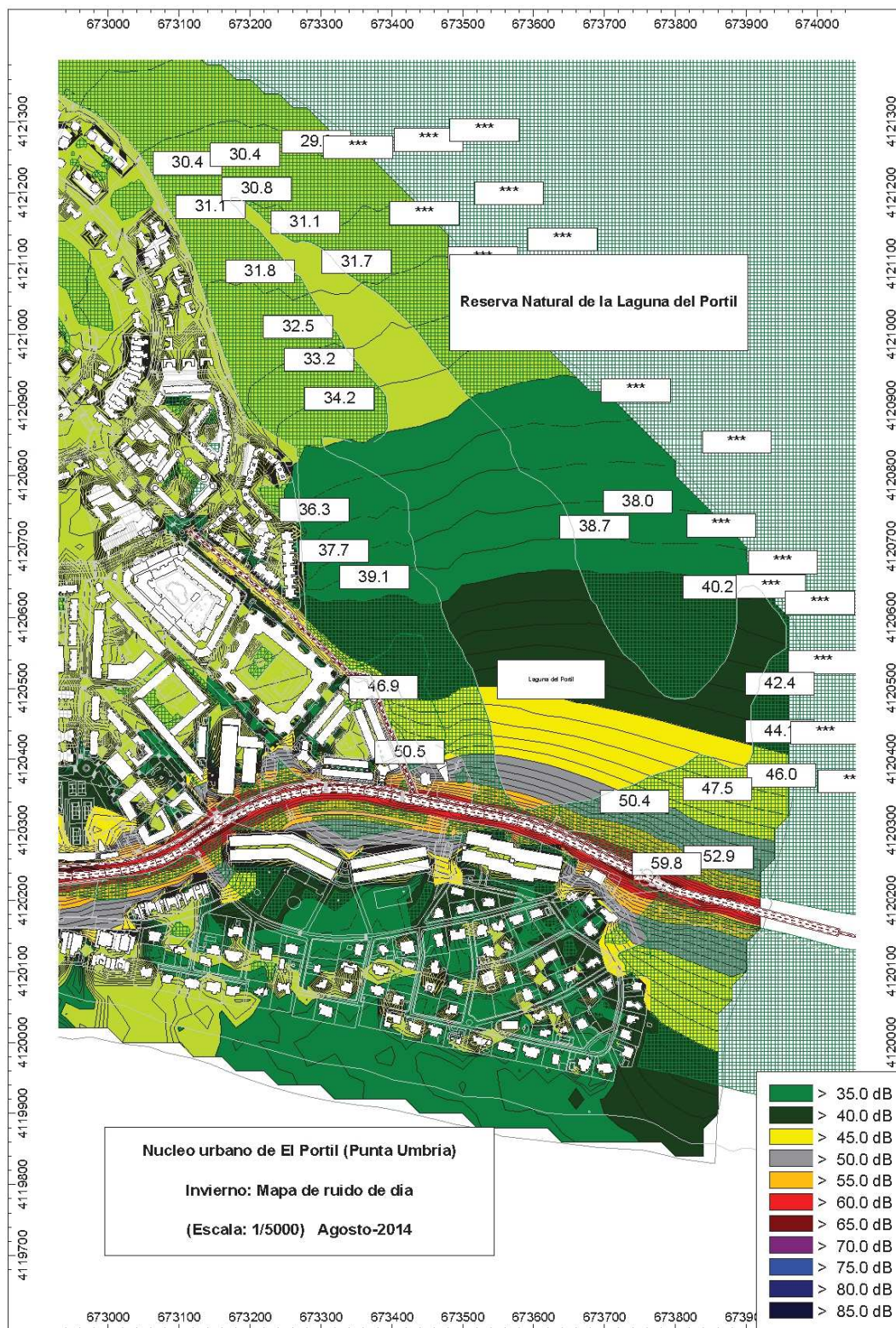


Figura 6.1. Mapa de ruido de DÍA en invierno, con niveles.

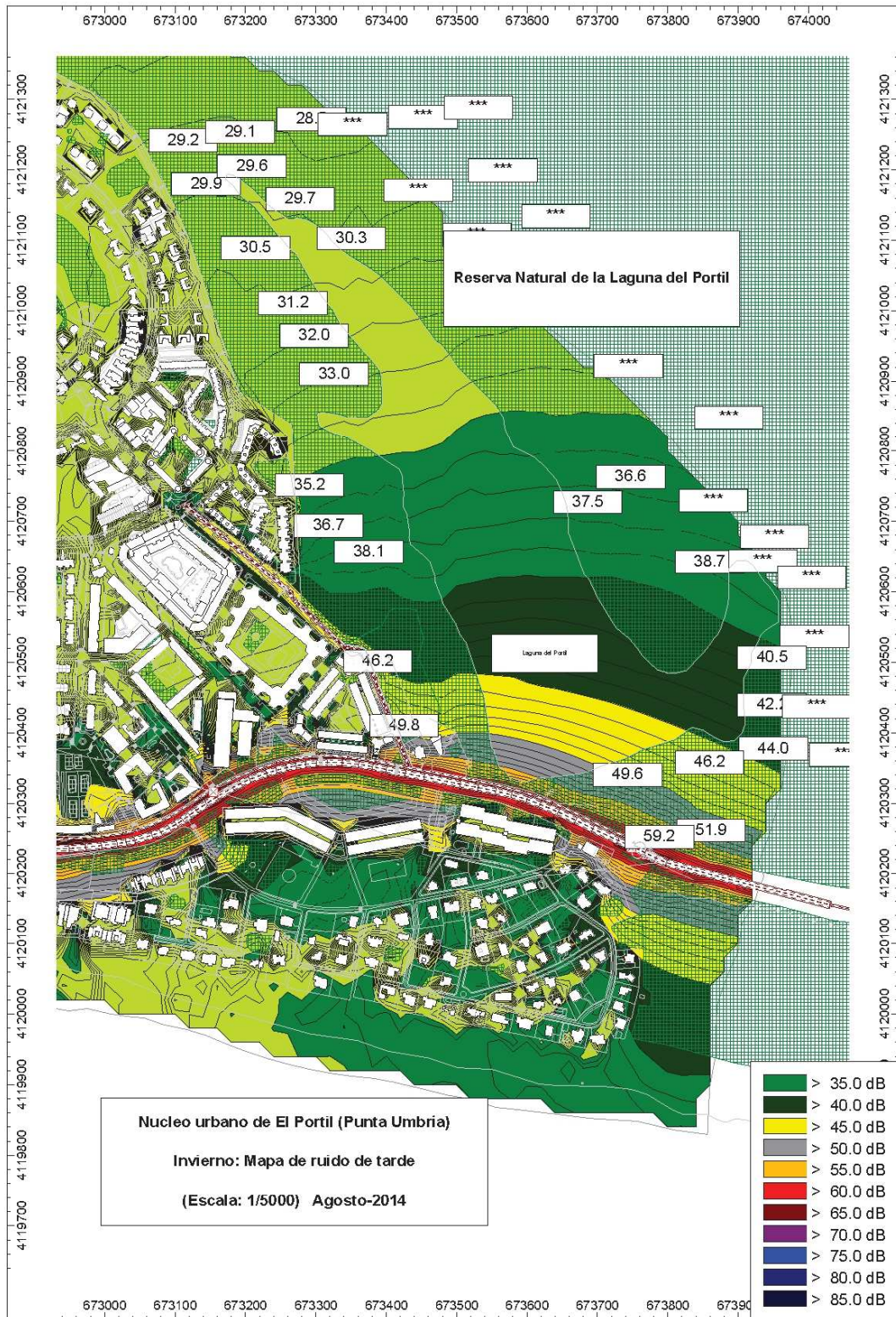


Figura 6.2. Mapa de ruido de TARDE en invierno, con niveles.



Figura 6.3. Mapa de ruido de NOCHE en invierno, con niveles.

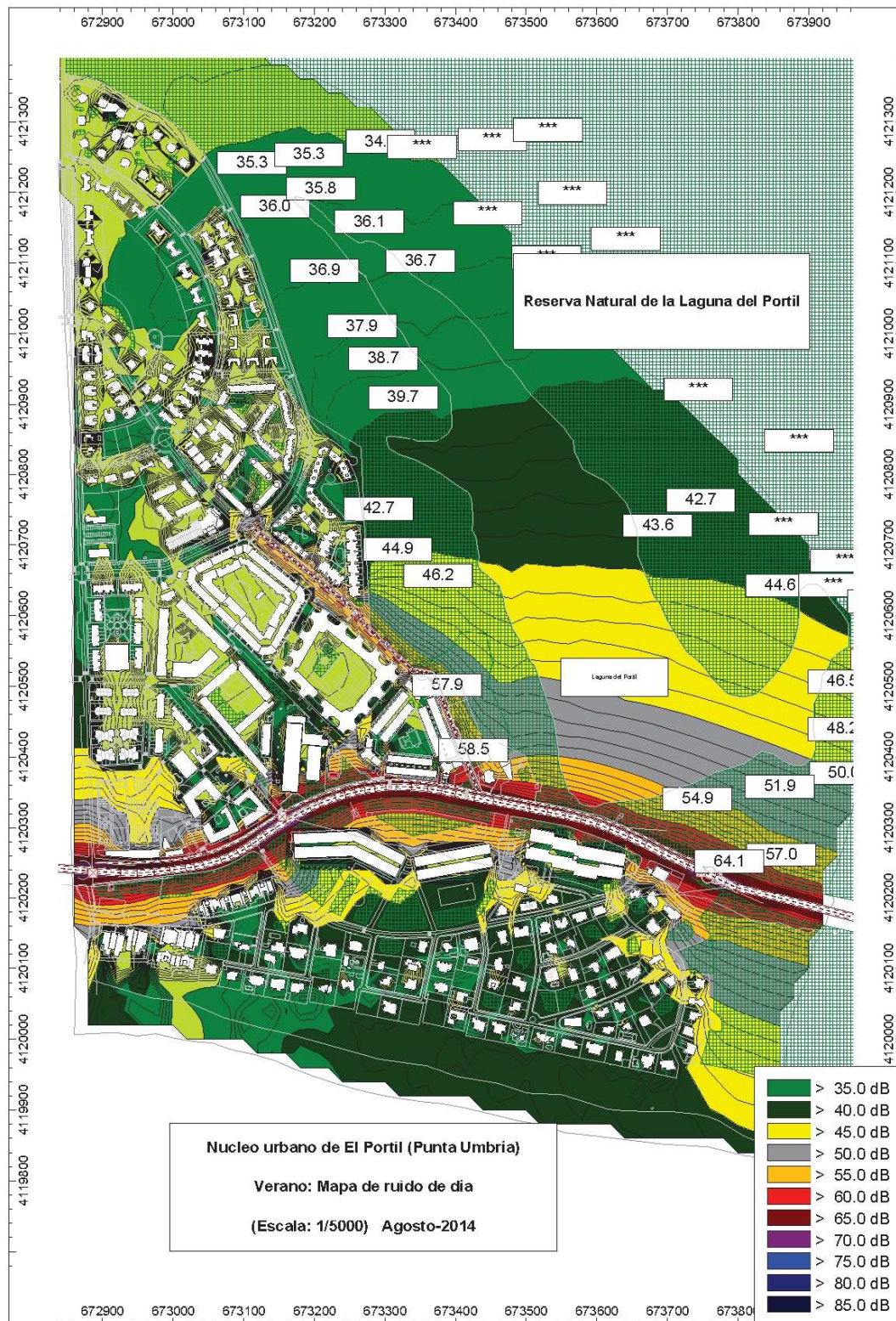


Figura 6.4. Mapa de ruido de DÍA en verano, con niveles.

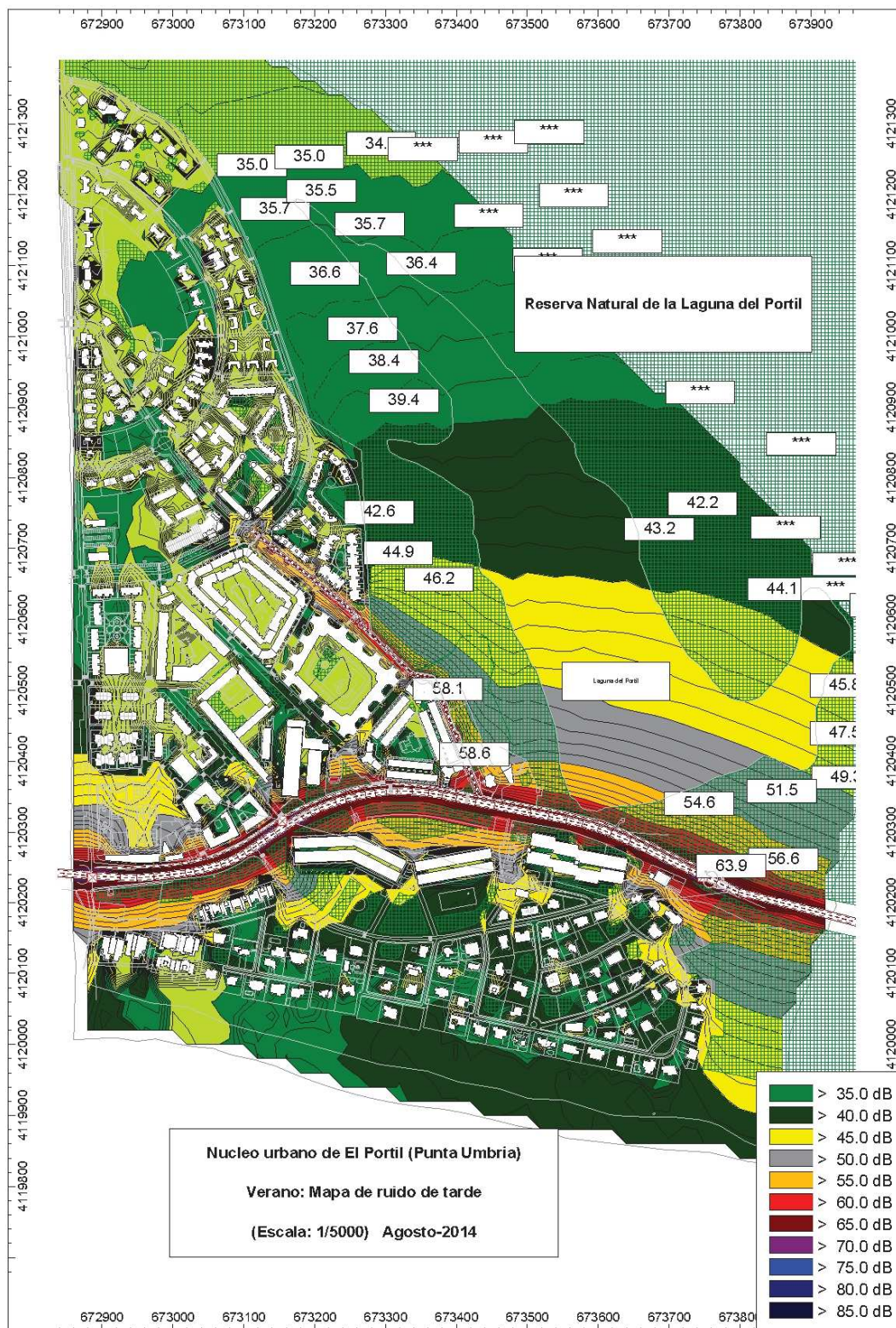


Figura 6.5. Mapa de ruido de TARDE en verano, con niveles.

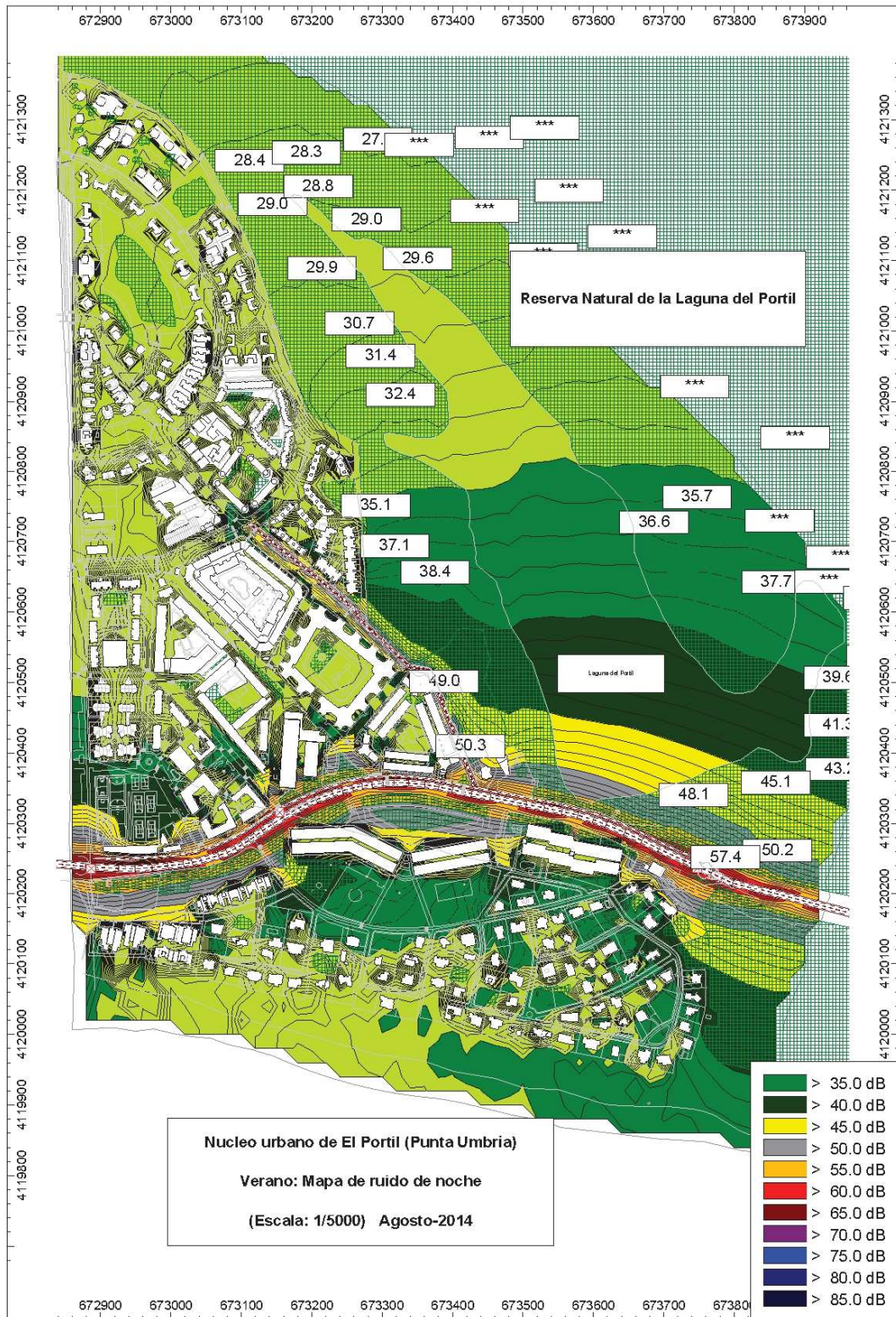


Figura 6.6. Mapa de ruido de NOCHE en verano, con niveles

6.2. ANÁLISIS DE LOS MAPAS DE RUIDO GENERALES

De la observación de las anteriores figuras, lo más destacable de ellas sería lo siguiente:

- **Mapa de ruido de día en invierno:** Analizando la Figura 6.1, se observa que en ella que destacan los colores más intensos, como son los rojos (>60 dBA). en la proximidad de la travesía de la carretera A-5052. pero en cuanto nos separamos unos escasos metros de ella se transforman en naranjas intensos (>57 dBA) y naranjas pálidos (>54 dBA). De tal manera que cuando llegamos a la mayoría de las edificaciones la degradación de los colores se transforma en gris (50 dBA), excepto para aquellos edificios más próximos a la carretera como son:

Nombre	ID	Residentes afectados	Área 2D (m ²)	Altura (m)
Aguadulce B-3 ED-3	ED3	24/24	133.7	17.2
Los Amarillos ED-2	ED29	32/380	961.5	25.1
Los Amarillos ED-1	ED28	40/596	2223.4	25.1
Costa Portil-II	ED37	45/120	956.5	17.5
Playas de Huelva ED-1	ED-19	16/502	2395.9	20.2
Iglesia Sta. M ^a Portil	ED-356	-	330.3	4.5
Sacristía	ED-357	-	61.4	3.5

Tabla VI-1. Edificaciones más próximas a la A-5052

- **Mapa de ruido de tarde en invierno:** Analizando ahora la Figura 6.2, lo primero que se observa es la gran similitud que tiene con el mapa de ruido de día, aunque con una pequeña acentuación de los colores naranjas intensos (58 dBA) y muy intensos (59 dBA) en la proximidad de la carretera A-5052.
- **Mapa de ruido de noche en invierno:** Mientras que si se observa ahora la Figura 6.3, de ella lo que más destaca es, que han desaparecido los naranjas intensos y prácticamente también el resto de naranjas (50 a 55 dBA) en la zona próxima a la A-5052, como corresponde a un IMD nocturno de la carretera, que es mucho menor que los de los periodos de día y tarde, tal como se vio las Tablas III-3, III-4, III-5 y III-6 de aforos.
- **Mapa de ruido de día en verano:** Contemplando la Figura 6.4, en ella se puede apreciar que, tal como era de esperar, los colores escarlatas y los rojos más intensos (que corresponden a los niveles de entre 60 y 65 dBA, los más altos de este mapa), están alrededor de la carretera A-5052 y en los alrededores de la c/ Avoceta, mientras que los verdes olivas (entre 35 y 40 dBA, los más bajos,. se encuentran en las zonas más alejadas de las

mismas. Además, igual que ocurría en la Figura 6.1 (día en invierno), son los mismos edificios indicados en la anterior Tabla VI-1, los más afectados por los altos niveles de ruido, con colores escarlatas.

- **Mapa de ruido de tarde en verano:** El aspecto de la Figura 6.5, es muy similar al de la Figura 6.4, aunque con un pequeño aumento de las intensidades de sus colores rojos, y por tanto de los índices de ruido, lo cual está justificado dado que tal como se mostraba en las Tablas III-3, III-4, III-5 y III-6 de aforos, los IMD en el periodo de tarde en verano, son aproximadamente un 9 % superiores a los aforos del periodo de día.
- **Mapa de ruido de noche en verano:** En la Figura 6.6, se puede apreciar como los colores más próximos a la carretera A-5052 son rojos, pero mucho más claros que en los correspondientes a los periodos de día y tarde, lo cual es lógico teniendo en cuenta el IMD de la noche frente a los de los periodos de día y tarde. Ahora bien si comparamos esta Figura 6.6 (noche estival) con la Figura 6.3. (noche invernal), se puede observar que en ella aparecen colores rojos (> 60 dBA), mientras que en la Figura 124 solamente aparecen como colores más intensos los naranjas alrededor de la A-5052 (> 55 dBA) y además en muchas menos superficies.

6.3. COMPARACIÓN DE LOS MAPAS DE RUIDO

De la comparación entre sí de los anteriores mapas de ruido, se pueden obtener varias conclusiones:

1. Tanto en invierno como en verano, los niveles de ruido durante el periodo de día son significativamente más altos que en el periodo de noche (10.8 dBA en invierno, y 5.1 dBA en verano). Ello era predecible, ya que en el modelo *CadnaA* solo se han tenido en cuenta la A-5052 y la c/ Avoceta como fuentes de ruido, siendo el flujo de vehículos (IMD) el parámetro que cambia entre las dos estaciones, y este parámetro es mucho más alto durante el día, que durante la noche, tal como se vio en las Tablas III-3, III-4, III-5 y III-6 de aforos.
2. Los niveles de ruido en verano son de aproximadamente 4.6 dBA más altos que en el invierno en los puntos más cercanos a la carretera A-5052, para cualquier periodo de la jornada. Mientras que se aumenta a unos 6.0 dBA en los puntos más alejados de la carretera A-5052. Este hecho puede explicarse teniendo en cuenta igualmente, que en el modelo *CadnaA* sólo se ha incluido la carretera A-5052 y la c/ Avoceta como fuentes lineales de ruido, y los aforos son mucho más altos en verano que en invierno. Además, estos resultados están de acuerdo con los descritos por (Lamure, 1986), donde indica que el nivel de ruido de una carretera está dado por la ecuación:

$L_{eq} = L_o + 10 \cdot \log Q$ siendo Q el flujo de tráfico (veh h⁻¹) y L_o el nivel de referencia para $Q=1$ veh h⁻¹. Por tanto la diferencia de niveles entre el verano y el invierno: $[L_{eq}(v) - L_{eq}(i)]$ vendrá dada por: $L_{eq}(v) - L_{eq}(i) = 10 \log(Q_v / Q_i) = 10 \cdot \log(509.7/174.4) = 4.65$ dBA. valor prácticamente coincidente con la diferencia detectada mediante el modelo.

4. El modelo *CadnaA* también da los puntos más afectados por el ruido procedente de la A-5052, que corresponden a las edificaciones 3RAD y CP-IV (Figura 6.7).

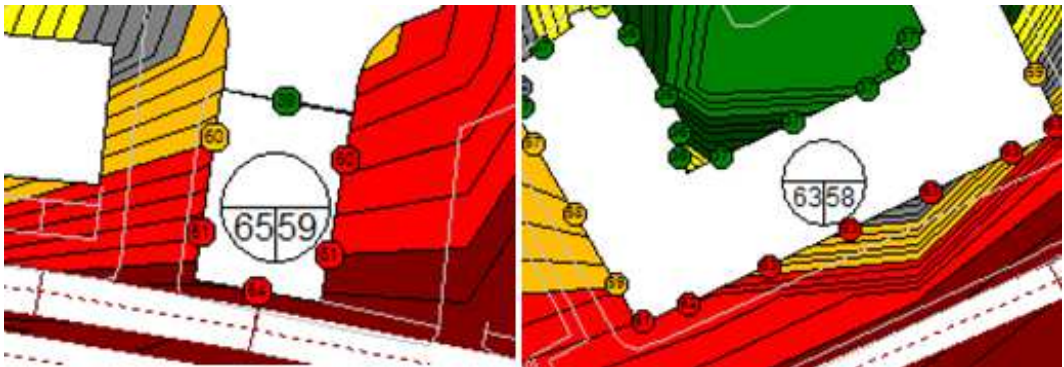


Figura 6.7. Mapa de los edificios más afectados por la carretera. El círculo indica los valores máximos en fachada en periodos de día y noche.

Como era de esperar, los edificios más afectados por el ruido son los más cercanos a la carretera A-5052. El primero de ellos, además coincide con el punto E-3 seleccionado para las monitorizaciones semanales y de 24 h.

5. Que las masas forestales incluidas en el modelo, aportan muy poca atenuación acústica, sobre todo a frecuencias bajas y medias-bajas (Tarrero, 2002). (Chih-Fang, et al., 2005), (Samara, et al., 2007).

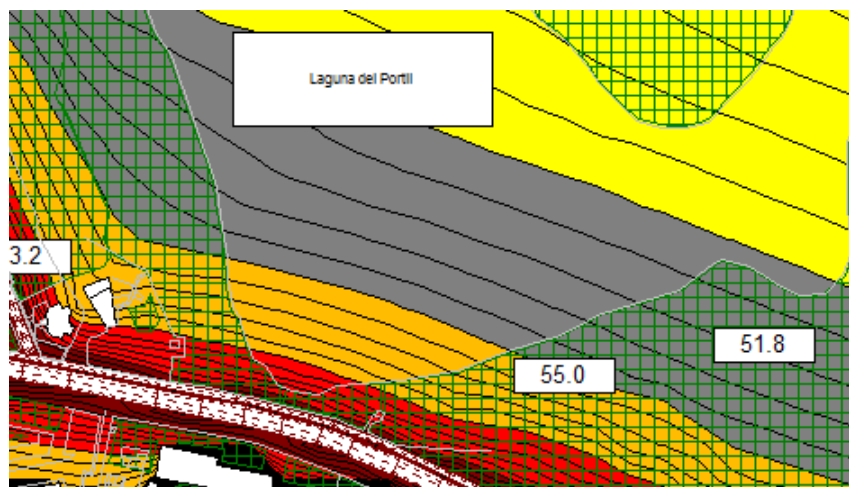


Figura 6.8. RNLP detalle de las isófonas en masas forestales

Puede observarse en el detalle del mapa de ruido de la anterior Figura 6.8 como el gradiente del nivel de presión en la zona de pinos de la RNLP (zona marcada con cuadrícula verde) es similar a la superficie de agua de la propia laguna (zona sin cuadrícula), no sufriendo por tanto, más atenuación en la zona arbolada que en la no arbolada, como podría en un principio presuponerse.

6.4. RESULTADOS DE LOS MAPAS DE RUIDO EN LA RNLP

Con los valores de los niveles de ruido de los receptores puntuales situados en los mismos puntos donde se realizó el muestreo espacial en la RNLP, tanto de invierno como de verano, obtenidos de los mapas de ruido del periodo de tarde Figuras 6.2 y 6.5, ya que fue durante ese periodo cuando se realizaron dichos muestreos espaciales, obteniéndose con ellos la siguiente Tabla VI-2.

Pto. Medida	L _{AeqT} mapas		Pto. Medida	L _{AeqT} mapas		Pto. Medida	L _{AeqT} mapas	
	INVIERNO	VERANO		INVIERNO	VERANO		INVIERNO	VERANO
1	49.8	58.6	16	28.9	34.1	31	38.9	44.8
2	46.2	58.1	17	28.7	33.6	32	39.1	44.9
3	38.1	46.2	18	29.4	33.9	33	40.2	46.8
4	36.7	44.9	19	29.7	34.0	34	40.1	47.5
5	35.2	42.6	20	29.9	35.3	35	40.5	48.3
6	33.0	39.4	21	30.7	35.5	36	42.8	48.8
7	32.0	38.4	22	33.2	35.1	37	44.0	49.3
8	31.2	37.6	23	30.3	35.9	38	44.7	49.2
9	30.5	36.6	24	30.1	35.7	39	44.5	49.1
10	29.9	35.7	25	33.5	38.2	40	46.2	51.4
11	29.2	35.0	26	36.6	39.3	41	49.6	54.6
12	29.6	35.0	27	37.4	43.1	42	51.9	56.6
13	29.1	34.7	28	36.6	42.0	43	59.2	63.9
14	28.9	34.5	29	37.5	43.0			
15	29.0	34.3	30	38.7	44.0			

Tabla VI-2. Resultados extraídos con CADNA-A de los mapas de ruido de tarde en los 43 receptores puntuales de la RNLP.

Trasladados estos datos a una gráfica comparativa entre las medidas en invierno, frente a las de verano en los mismos 43 puntos del muestreo espacial, se obtiene la Figura 6.9.

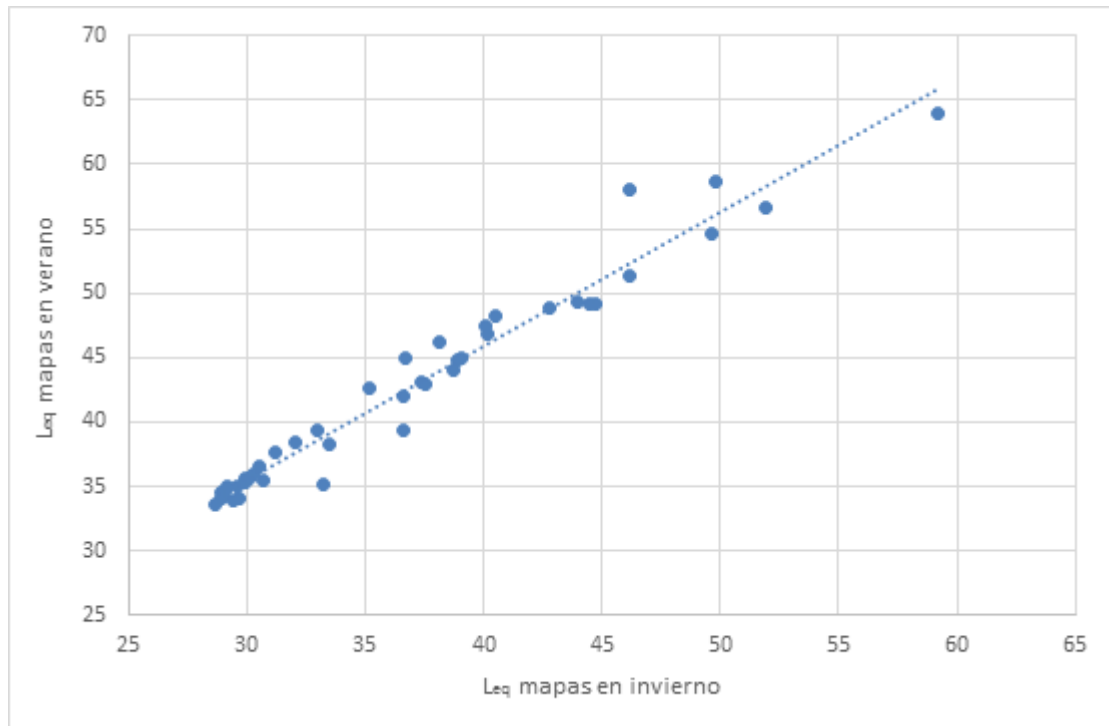


Figura 6.9. Comparación invierno-verano de los niveles de ruido obtenidos por los mapas de ruido, en los puntos de medida de muestreo en la RNLP

En esta figura se observa una correlación lineal muy clara, entre los niveles en invierno frente a los obtenidos para el verano. Siendo la ecuación ajustada por el método de mínimos cuadrados:

$$L_{eq}(v) = (4.3 \pm 1.2) + (1.04 \pm 0.03) \cdot L_{eq}(i)$$

Con un coeficiente de determinación: $R^2 = 0.961$

Y un error estándar de la estimación: $SE(\bar{y}) = 1,6$

Como era de esperar, la pendiente del ajuste lineal anterior, está muy cerca de uno, y la ordenada en el origen alrededor de 4.3 dBA. Este último valor representa el aumento del nivel de ruido durante el verano en relación al invierno, cuando la pendiente es igual a la unidad.

A esta misma conclusión se puede llegar mediante el cálculo de la media de las diferencias en cada ubicación (en cada uno de los puntos en los que se realizó el muestreo espacial) entre el verano y el invierno, tal como se muestra en la siguiente Tabla VI-3:

Media	5.77209302	Coefficiente de asimetría	0.20791647
Error típico	0.24497894	Rango	10
Mediana	5.6	Mínimo	1.9
Moda	5.4	Máximo	11.9
Desviación estándar	160.643.432	Suma	248.2
Varianza de la muestra	258.063.123	Cuenta	43
Curtosis	470.087.968	Nivel de confianza (95.0%)	0.49438751

Tabla VI-3. Datos estadísticos de las diferencias entre mapas de invierno y verano

Que es de 5.8 ± 0.2 dBA, un valor que tiene que estar directamente relacionada con el logaritmo de la relación de los flujos o aforos de vehículos, en el periodo de tarde, entre ambas temporadas (o relación de “poderes las fuentes”). Como se vio en las Tablas III-3 y 4, el aforo de la A-5052 en invierno es de $249.5 \text{ veh}\cdot\text{h}^{-1}$ en invierno y $753.3 \text{ veh}\cdot\text{h}^{-1}$ en verano, lo que da una diferencia de niveles igual a:

$$L(v) - L(i) = 10 \cdot \log \left[\frac{(753.3+13.0)}{(249.5+5.1)} \right] = 3.5 \pm 0.2 \text{ (*)}$$

(*) Suponiendo el mismo potencial de ruido por vehículo en ambas estaciones.

Resultado que es muy similar (del mismo orden de magnitud), a la media de las diferencias del nivel de ruido en los diferentes puntos de medida. Este resultado indica de nuevo que el tráfico rodado modelado de la carretera A-5052 y de la c/Avoceta son las principales fuentes de ruido en el área de la RNLP, mismas conclusiones a las que han llegado muchos otros estudios de investigación de diversas zonas en la que se encuentran carreteras en su proximidad (WG-AEN, 2007), (WHO, 2009). (Golmohammadi, 2009).

6.5. COMPARACIÓN MAPAS-MUESTREOS EN LA RNLP

Con el fin de contrastar y validar los resultados obtenidos a través de los mapas de ruido de la modelización acústica con *CadnaA*, se procedió a realizar una comparación directa entre los resultados experimentales de los niveles medidos a través de los muestreos espaciales realizados en la RNLP, frente a los niveles previstos para esos mismos puntos en los mapas de ruido del periodo de tarde tanto para la temporada invernal como la estival, puesto que fue en dicho periodo en el que se realizaron las medidas del muestreo espacial, y cuyos valores se pueden observar en la siguiente Tabla VI-4. Y que posteriormente trasladados a unas gráficas de doble entrada, se obtiene para invierno y para verano las Figuras 6.10 y 6.11 respectivamente.

Capítulo VI.-Resultados y discusión de la modelización; comparativa con medidas experimentales

Pto. Medida	L _{AeqT} mapas	LeqT (i) Medido	L _{AeqT} mapas	LeqT (v) Medido	Pto. Medida	L _{AeqT} mapas	LeqT (i) Medido	L _{AeqT} mapas	LeqT (v) Medido
	INVIERNO	INVIERNO	VERANO	VERANO		INVIERNO	INVIERNO	VERANO	VERANO
1	49.8	46.3	58.6	51.1	23	30.3	31.8	35.9	37.5
2	46.2	41.0	58.1	49.2	24	30.1	33.1	35.7	38.4
3	38.1	37.5	46.2	44.6	25	33.5	34.6	38.2	39.8
4	36.7	33.6	44.9	41.7	26	36.6	35.1	39.3	40.4
5	35.2	36.1	42.6	42.2	27	37.4	34.6	43.1	44.5
6	33.0	32.9	39.4	37.3	28	36.6	33.6	42.0	41.8
7	32.0	31.8	38.4	36.4	29	37.5	34.9	43.0	42.7
8	31.2	32.5	37.6	35.9	30	38.7	35.1	44.0	43.8
9	30.5	31.7	36.6	38.7	31	38.9	32.1	44.8	44.7
10	29.9	29.7	35.7	35.2	32	39.1	31.9	44.9	45.2
11	29.2	29.6	35.0	34.8	33	40.2	33.8	46.8	45.9
12	29.6	30.6	35.0	36.4	34	40.1	37.7	47.5	49.2
13	29.1	30.3	34.7	34.1	35	40.5	38.5	48.3	47.7
14	28.9	30.7	34.5	34.3	36	42.8	39.1	48.8	47.3
15	29.0	29.3	34.3	34.6	37	44.0	40.2	49.3	48.8
16	28.9	29.1	34.1	34.1	38	44.7	43.7	49.2	49.8
17	28.7	28.9	33.6	34.4	39	44.5	44.5	49.1	50.3
18	29.4	28.7	33.9	33.9	40	46.2	46.2	51.4	51.4
19	29.7	30.5	34.0	34.9	41	49.6	49.7	54.6	59.6
20	29.9	31.6	35.3	35.7	42	51.9	49.9	56.6	62.7
21	30.7	31.2	35.5	38.0	43	59.2	51.1	63.9	63.9
22	33.2	31.5	35.1	36.8					

Tabla VI-4. RNLP: Valores de niveles en mapas y medidos, en 43 puntos de muestreo

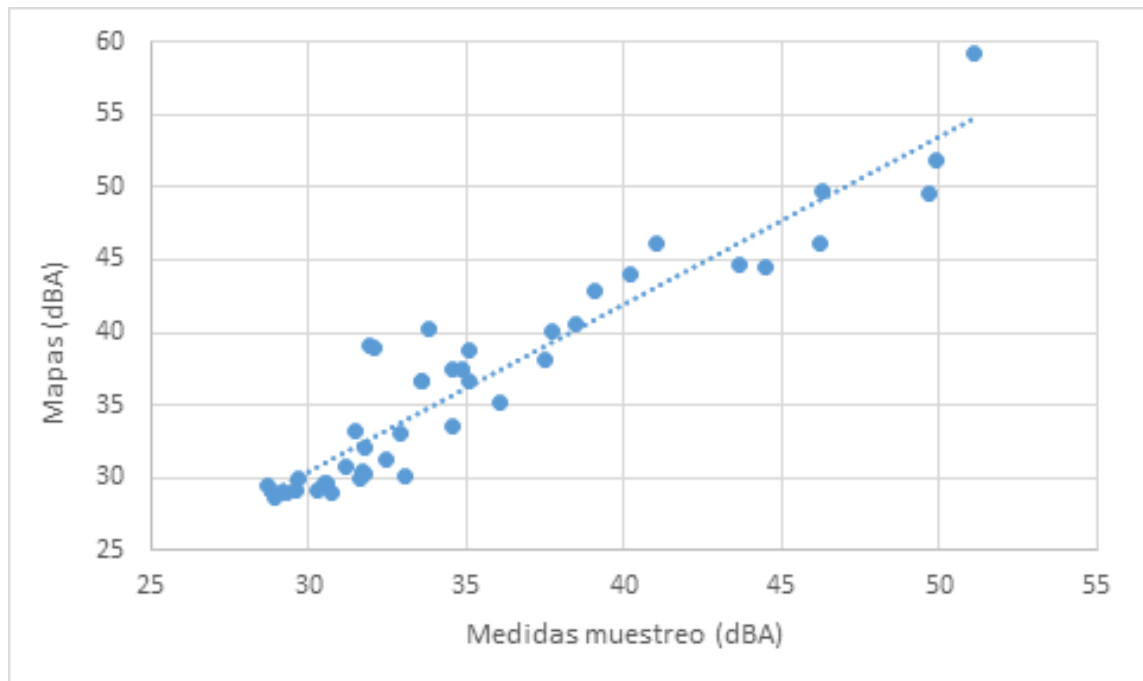


Figura 6.10. RNLP Comparativa muestreos vs mapas de ruido (invierno)

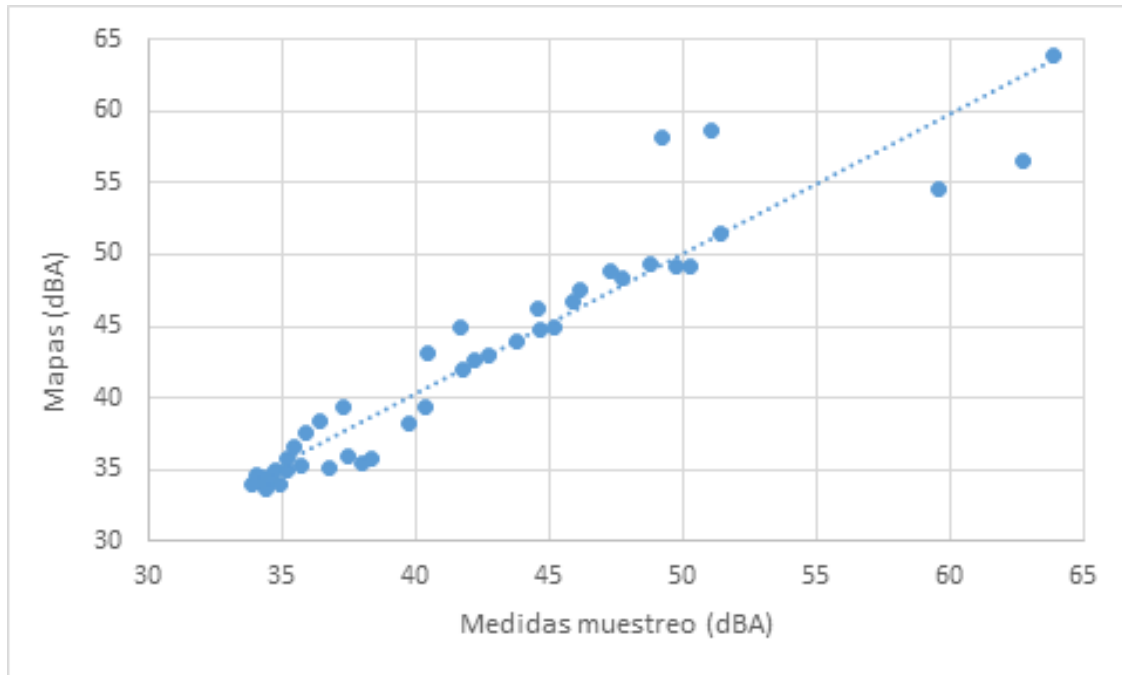


Figura 6.11. RNLP Comparativa muestreos vs mapas de ruido (verano)

Cuyas ecuaciones de ajuste son respectivamente:

Invierno:

$$L_{eq}(mapas) = (1.15 \pm 0.06) \cdot L_{eq}(muestreo) - (4.1 \pm 2.3)$$

$$(R^2 = 0.8915; \text{error estándar} = 1.1 \text{ dBA}).$$

Verano:

$$L_{eq}(mapas) = (0.97 \pm 0.05) \cdot L_{eq}(muestreo) + (1.4 \pm 2.1)$$

$$(R^2 = 0.9037; \text{error estándar} = 1.0 \text{ dBA}).$$

A la vista de las anteriores figuras, y de los valores de R^2 , se deduce que el ajuste en el verano es mucho mejor que en invierno. Esto podría ser debido a las siguientes circunstancias:

- Que los días en que se realizaron las mediciones de muestreo en la RNLP (abril-2011) había gran actividad de la fauna residente (golondrinas, vencejos, patos, ranas, etc. todos ellos en época de apareamiento). Mientras que las medidas de muestreo en verano, esa actividad era mucho menor.
- Menos ruido producido por la carretera en invierno (aproximadamente una reducción del 9 dBA en nivel de potencia debido a la reducción del flujo de tráfico), tal como se vio en los puntos 5.1.1, 5.2.1. y 5.3.3.

Estos dos hechos tienden a producir más fluctuaciones en las medidas de ruido en invierno, tal como lo confirman la dispersión de puntos que muestra la Figura 6.10.

También el hecho de que las medidas de muestreo espacial, al haberse realizado en periodos cortos de tiempo (5 minutos), están muy influenciadas por los vehículos que en esos instantes estuvieron circulando por la A-5052, mientras que el modelo tiene en cuenta un flujo continuo de tráfico.

6.6. COMPARACIÓN MAPAS-MONITORIZACIONES

Igualmente, y a efecto también de validar los mapas de ruidos, se procedió a comparar los resultados obtenidos con las monitorizaciones semanales en los puntos de medida E-3 y E-1, con los valores sacados de la evaluación de dichos edificios con el modelo de *CadnaA*.

Para ello, de los mapas de ruido de los edificios donde se sitúan los puntos de monitorización E-1 y E-3, se tomaron los niveles de inmisión que prevé *CadnaA* en las mismas fachadas y alturas donde estuvieron situados los sonómetros durante las monitorizaciones semanales. Recogiéndose para cada temporada, y para cada periodo, tal como puede apreciarse en el ejemplo de la Figura 6.12, que se corresponde con el mapa de la 3ª planta del edificio correspondiente al punto de monitorización E-3, en invierno y en periodo nocturno.

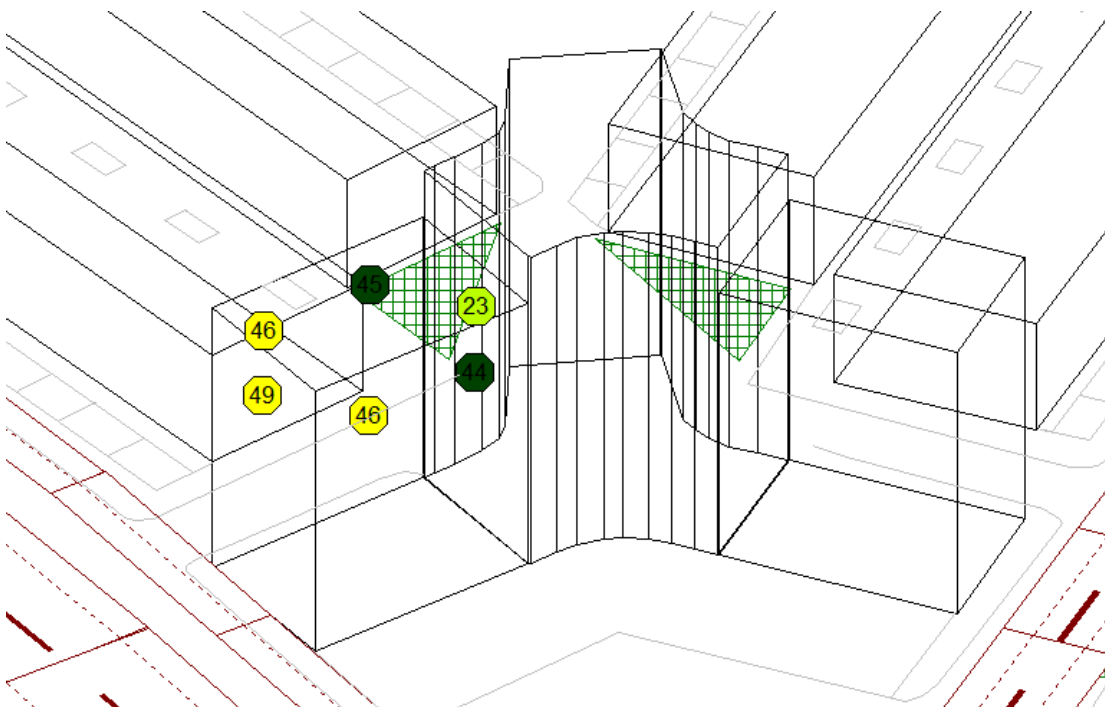


Figura 6.12. Mapa de ruido de 3ª plta. Edificio E-3 en invierno, periodo noche

De todos estos mapas, se recogieron los datos indicados en la siguiente Tabla VI-5:

Niveles obtenidos de Mapas de Edificio E-1			
Temporada	Periodo día	Periodo tarde	Periodo noche
Invierno	41.0	40.0	26.0
Verano	54.0	54.0	44.0

Niveles obtenidos de Mapas de Edificio E-3			
Temporada	Periodo día	Periodo tarde	Periodo noche
Invierno	56.0	55.0	46.0
Verano	60.0	60.0	53.0

Tabla VI-5. Resultados de mapas de ruido de edificios E-1 y E-3

Que si se comparan con los resultados de las monitorizaciones semanales realizadas en los mismos puntos de medida (ver: Tablas IV-1, IV-2, IV-4 y IV-5 del Capítulo IV), se obtendrían el resumen de los valores medidos, en la siguiente Tabla VI-6.

Niveles obtenidos de Monitorizaciones desde Edificio E-1			
Temporada	Periodo día	Periodo tarde	Periodo noche
Invierno	33.6	31.4	24.1
Verano	47.1	46.1	39.4

Niveles obtenidos de Monitorizaciones desde Edificio E-3			
Temporada	Periodo día	Periodo tarde	Periodo noche
Invierno	57.7	56.2	49.3
Verano	60.2	61.1	55.8

Tabla VI-6. Resultados de monitorizaciones desde edificios E-1 y E-3

Trasladados todos estos datos a unos diagramas de barras, para un mejor análisis y comparación, se obtuvieron las gráficas de las siguientes Figuras 6.13. y 6.14 para el edificio del punto de monitorización E-1 y las Figuras 6.15 y 6.16 para el edificio del punto de monitorización E-3.

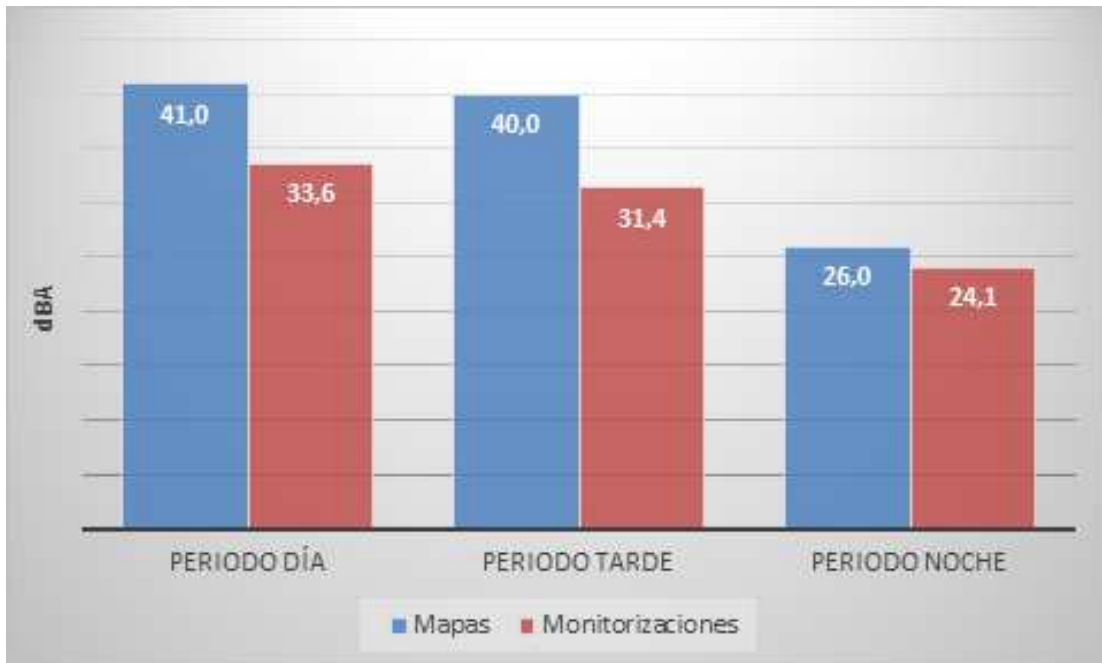


Figura 6.13. E-1: Comparación Mapas-Monitorizaciones, en invierno

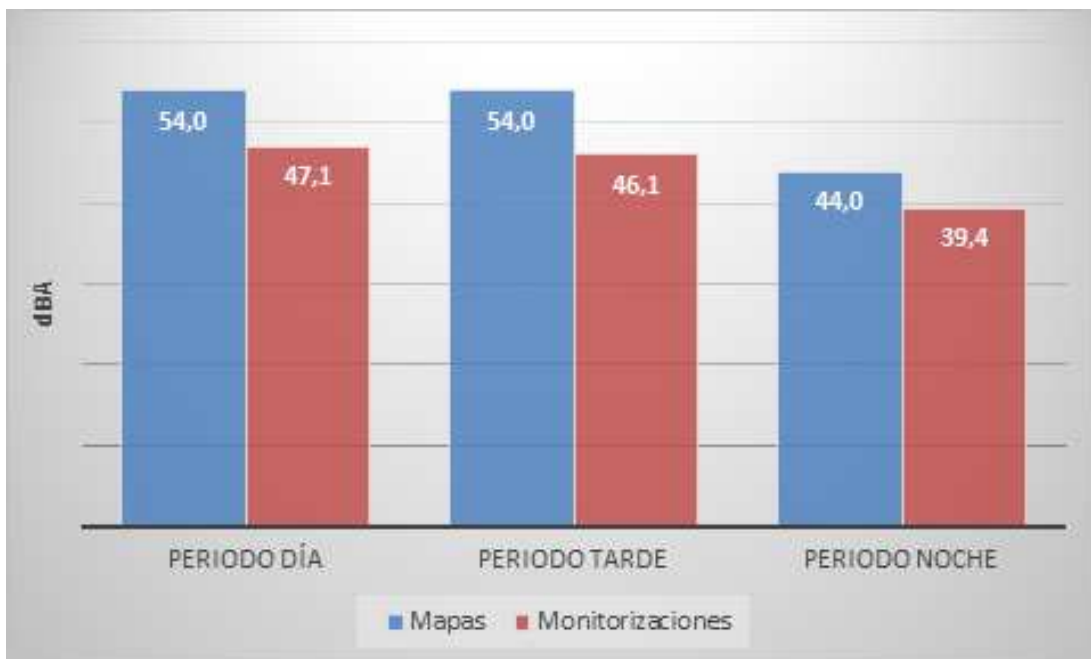


Figura 6.14. E-1: Comparación Mapas-Monitorizaciones, en verano

De estas dos primeras figuras se observa que para el edificio E-1, los valores previstos a través de los mapas de ruido de *CadnaA*, superan en unos 6.0 dBA de media en invierno, y 6.4 dBA también de media pero en verano, a los niveles obtenidos mediante monitorización.

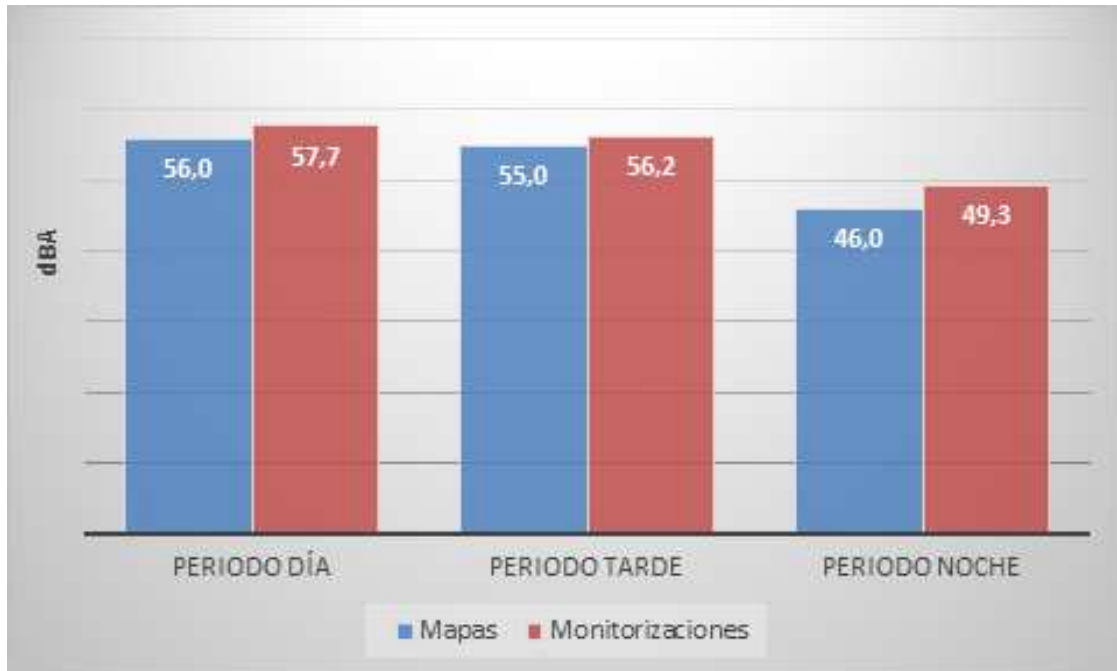


Figura 6.15. E-3: Comparación Mapas-Monitorizaciones, en invierno

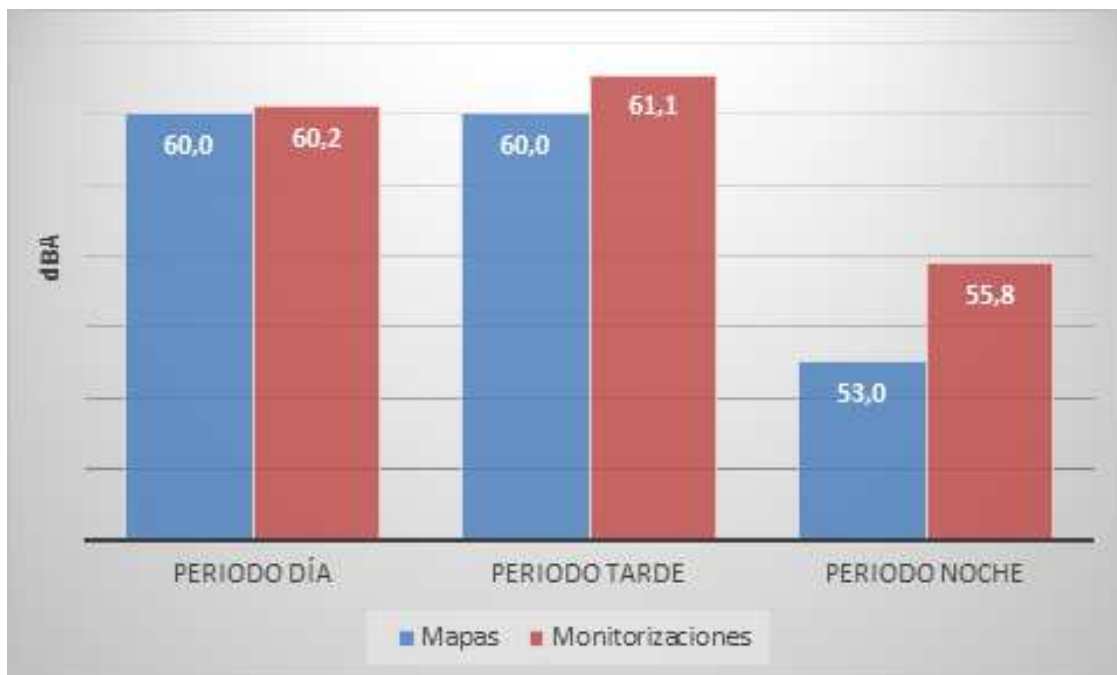


Figura 6.16. E-3: Comparación Mapas-Monitorizaciones, en verano

Por el contrario, del análisis de las dos segundas gráficas, se desprende que para el edificio E-3, los valores de los niveles obtenidos de los mapas de ruido de *CadnaA*, son inferiores en unos 2.1 dBA de media en invierno, y 1.4 dBA también de media en verano, a los niveles obtenidos mediante monitorización.

De ello se deduce:

- Que en el edificio E-1, el más alejado de la principal fuente de ruido, los niveles de los mapas, superan a los de las monitorizaciones. Hay que tener en cuenta que en la c/ Avoceta no se disponía de estadísticas oficiales de aforos para ella. y que por tanto los IMD's se obtuvieron, como ya se indicó en el Capítulo III, mediante muestreos puntuales y aleatorios, por lo que es posible ciertos desajustes con respecto a la realidad. Además se observa en este edificio que las diferencias entre mapas y monitorizaciones en el periodo de noche, son menores que frente a las de día y tarde.
- Que en el E-3. el más cercano a la principal fuente de ruido, los valores de las monitorizaciones en este caso superan a los niveles de los mapas. Ello puede ser razonable, ya que en el modelo *CadnaA* solamente se ha tenido en cuenta los ruidos debidos al tráfico, y no otras posibles fuentes, como son otras actividades humanas, cuyos eventos sonoros sí son recogidos en las monitorizaciones. Además. en este caso para obtener los IMD's de la carretera A-5052 se partió de estadísticas oficiales, por lo que es razonable que el ajuste sea mucho más realista. Por el contrario aquí en este edificio se observa que las diferencia entre mapas y monitorizaciones por las noches, son mayores que frente a las de día y tarde, lo cual puede estar justificado porque durante las noches, sobre todo en la temporada estival es cuando más aumentan las actividades lúdicas relacionadas con el ocio, y ello evidentemente no puede estar recogido en el modelo *CadnaA*.
- Que cuantos mayores son los niveles de ruido, mejor es la aproximación del modelo a las medidas de monitorización. Lo cual ocurre en el edificio E-3, y dentro de él. en verano. Por ello mismo, también en el edificio E-1 hay mejor aproximación en verano que en invierno.

Capítulo VII

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Tal como se indicó en el Capítulo I, el objetivo central de esta Tesis ha consistido en desarrollar una evaluación y caracterización de la contaminación acústica presente en una ciudad turística costera del sur de España, concretada en el núcleo urbano de El Portil (Huelva) y su entorno, con objeto de que sirva como herramienta para aplicar en la mejora del ambiente acústico de este tipo de ciudades.

Teniendo en cuenta este objetivo, en este último capítulo, y a modo de resumen, se presentan las conclusiones más relevantes obtenidas tras la realización del presente trabajo de investigación. Así mismo, se exponen aquellas líneas de investigación que han quedado abiertas, y que podrían abordarse a corto-medio plazo, como consecuencia de los nuevos problemas que han surgido en el desarrollo de esta tesis doctoral.

Por ello, y para conseguir el objetivo central de esta Tesis, se han realizado diversos estudios de caracterización del ruido presente en la ciudad de El Portil a través de tres métodos independientes de evaluación: 1) Medidas a través de monitorizaciones semanales (con registros de 5 minutos), efectuadas en dos puntos significativos del área de estudio; así como monitorizaciones de 24 horas y registros de 1 segundo, en uno de los anteriores puntos, y todo ello tanto para la temporada invernal como en la estival. 2) Muestreos espaciales en 43 puntos distintos de la Reserva Natural de la Laguna del Portil (RNLP), homogéneamente distribuidos a lo largo de ella, y efectuados tanto en invierno como en verano. 3) Modelización acústica con el código de cálculo *CadnaA* de todo el área de estudio, obteniéndose como principales resultados los mapas de ruido de los edificios donde se sitúan los dos puntos de monitorización; los niveles previstos por el modelo, en los 43 puntos de muestreo

espacial en la RNLP, para las dos temporadas del año; y los mapas de ruido de todo el núcleo urbano, en cada periodo de la jornada, y en cada estación del año.

7.1. CONCLUSIONES

La conclusión principal de esta Tesis es que la carretera A-5052 es la principal fuente de contaminación acústica en El Portil y, por tanto, principal responsable de la contaminación acústica que sufre el núcleo urbano. Además, a esta conclusión se llega a través de todos y cada uno de los tres métodos de evaluación anteriormente indicados.

Pero evidentemente existen muchas más conclusiones importantes derivadas de esta Tesis Doctoral que se van a presentar en tres bloques distintos, en función del tipo de aproximación a la evaluación y caracterización llevada a cabo en el área de estudio. El primero de ellos recoge las conclusiones obtenidas mediante las monitorizaciones. En el segundo se muestran los resultados obtenidos mediante los muestreos espaciales en la RNLP. Finalmente, en el tercero, se indican las conclusiones derivadas de la modelización acústica a través de *CadnaA* de toda el área de estudio.

CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL PORTIL

1. Los niveles $L_{Aeq,T}$ para una semana, en dBA, calculados a partir de las monitorizaciones semanales se recogen en siguiente Tabla VII-1:

Temporada Pto. Medida	Invierno		Verano	
	Días Laborables	Días Festivos	Días Laborables	Días Festivos
(E-3) Cercano	56.1	55.6	59.6	59.2
(E-1) Alejado	32.0	30.5	45.5	45.5

Tabla VII-1. Niveles medidos en una semana

- Los niveles del punto más cercano a la carretera son muy superiores a los del punto más alejado a la carretera, del orden de 25 dBA en invierno, ya sea día laboral o festivo, y 15 dBA en verano, indicando este hecho que las potencias acústicas en E-3 para invierno y verano son 300 y 30 veces superiores que en E-1, respectivamente. Este hecho está directamente relacionado con la conclusión principal; la carretera A-5052 es la principal fuente de ruido de El Portil.
- Los niveles en la temporada estival, tanto los días laborables como los festivos, son claramente más elevados que en la invernal, con unas

Capítulo VII.-Conclusiones y futuras líneas de investigación

diferencias en torno a 3.5 dBA en E-3 y 15.5 dBA en E-1, lo que representa que las potencias acústicas son en verano 2.5 y 36 veces superiores que en invierno, en los puntos E-3 y E-1, respectivamente. Ello viene a indicar que existe una mayor actividad acústica en verano que en invierno, como consecuencia de una mayor actividad turística en la temporada estival.

- Únicamente en invierno, los niveles de los días laborables son solo ligeramente superiores que los de los días no laborables (festivos), sobre 0.5 dBA en E-3 y 1.5 dBA en E-1, indicando este resultado que la energía acústica de las fuentes de contaminación acústica es muy similar para ambas localizaciones. Este hecho indica que el tráfico rodado de la carretera A-5052 en verano es prácticamente coincidente entre los días laborables y festivos, mientras que en invierno existe una ligera prevalencia del tráfico en los días laborables frente a los festivos debida a la mayor actividad turístico-lúdica de los fines de semana.
2. Los valores del L90 (fondo nocturno), en dBA, deducidas de las monitorizaciones semanales son los de la siguiente Tabla VII-2:

Temporada Pto. Medida	Invierno		Verano	
	Días Laborables	Días Festivos	Días Laborables	Días Festivos
(E-3) Cercano	34.6	43.7	49.1	51.2
(E-1) Alejado	10.9	13.9	22.1	32.3

Tabla VII-2. Niveles del percentil L90 en una semana

- Los valores del ruido de fondo nocturno del punto más cercano a la carretera son mucho más elevados, que en el punto más alejado, lo cual indica que la zona del unto E-3 es acústicamente más activa que la del punto E-1, confirmando de nuevo con ello que la carretera A-5052 es la principal fuente de ruido de El Portil.
- Los niveles del percentil L90 en la temporada estival son claramente más elevados que en la invernal, ello viene a indicar nuevamente que existe una mayor actividad humana en verano que en invierno, fundamentalmente debida a la mayor actividad turística que se da en la temporada estival.
- Contrariamente a lo que le ocurría al LAeq,T de una semana, los niveles correspondientes al L90 del ruido nocturno de fondo de los días laborables son inferiores a los de los días festivos, lo cual es coherente con el hecho de que las actividades lúdicas nocturnas aumentan el fin de semana. Además, esa diferencia es mayor en invierno, para la zona del punto E-3 y en verano para la zona del punto E-1. Ello se debe a un mayor número de vehículos circulando por la carretera A-5052, durante las noches de los fines de semana invernales, que durante las noches de los días laborables; así como por la mayor actividad de las personas durante las noches de los fines de semana

estivales, tanto por el mayor número de personas que visitan El Portil durante los fines de semana en verano, como por el mayor número de actividades lúdicas que ejercitan durante las noches estivales.

3. Se ha encontrado un patrón genérico-temporal diario para el nivel de ruido equivalente de una hora ($L_{Aeq, 1h}$), el cual sigue la evolución tipo de la siguiente Figura 7.1, en la que se distinguen 4 zonas distintas: A (0:00 a 5:00 horas), B (5:00 a 8:00 horas), C (8:00 a 19:00 horas), y D (19:00 a 24:00 horas).

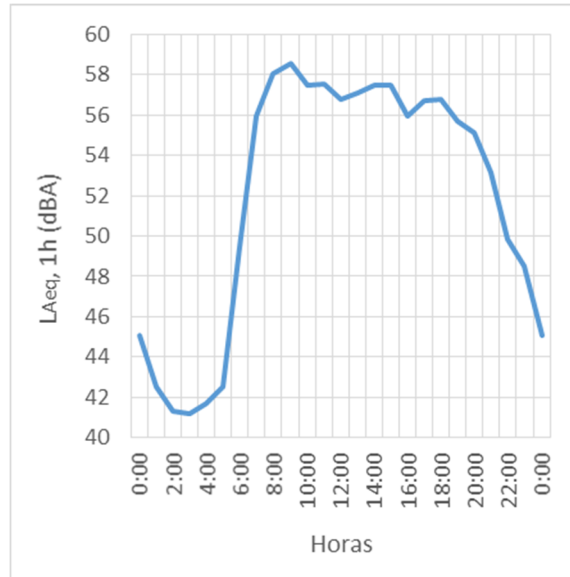


Figura 7.1. Patrón genérico temporal diario del $L_{Aeq, 1h}$

- Zona A (0:00 a 5:00 horas): Es la zona más baja de la anterior gráfica, y se corresponde con el periodo de silencio nocturno, en el cual los valores de los niveles $L_{Aeq, 1h}$ oscilan entre los 41 y 45 dBA, formando un plató, cuya duración depende de la temporada en la que se analice: así en invierno puede llegar a tener una duración media de 5 horas, mientras que en verano, se reduce prácticamente a la mitad, y siempre coincide con el periodo de menor flujo de vehículos en la carretera A-5052.
- Zona B (5:00 a 8:00 horas): Es una zona de transición desde los niveles de $L_{Aeq, 1h}$ más bajos (< 43 dBA) a los más altos (> 57 dBA). Se corresponde con el inicio de la jornada laboral, y tanto en invierno como en verano tiene el mismo periodo de duración. Su forma es muy lineal, con una pendiente muy elevada. La pendiente de esta recta depende de si es una jornada laboral o festiva, y también de la temporada del año (invierno o verano), lo cual se analizará después.
- Zona C (8:00 a 19:00 horas): Es la zona más alta de la anterior figura. Se corresponde con el periodo de la jornada laboral, y los valores del nivel de ruido $L_{Aeq, 1h}$ disminuyen muy suavemente desde un máximo de unos 59 dBA (8:00 h) hasta el mínimo de 55 dBA (20:00 h), momento en que hay un cambio brusco de la pendiente, representando este resultado que las actividades humanas se reducen en similar proporción si consideramos la energía acústica. A lo largo de este período se observan pequeñas fluctuaciones, mucho más cortas en el tiempo, como son el periodo para el almuerzo, periodos de siesta, periodo de actividad laboral vespertina, etc. La media de

Capítulo VII.-Conclusiones y futuras líneas de investigación

estas oscilaciones produce una banda de niveles acústicos con una pendiente negativa suave de unos -0.35 dBA/hora. Cuya duración depende de si el día es laboral o festivo, y también de la temporada del año en que se analice.

- Zona D de 19:00 a 2:00 horas: Es de nuevo una zona de transición, pero en este caso desde los niveles de $L_{Aeq, 1h}$ más altos (> 57 dBA), a los más bajos (< 43 dBA). Se corresponde con el fin de la jornada laboral, y tanto en invierno como en verano suele tener el mismo periodo de duración, no así entre los días laborables y los festivos. Su forma también es bastante lineal, como la del inicio de jornada, y su pendiente es negativa (unos -3.5 dBA/hora), y con un valor absoluto menor que en el inicio de jornada.
4. En las zonas D, de transición de los comienzos de las jornadas (entre las 5.00 y las 8:00 horas), se ha encontrado un patrón evolutivo temporal diario, que es completamente distinto en los días laborables que en los días festivos. Este patrón evolutivo está caracterizado por la pendiente de la recta que representa esta zona de transición, Comprobándose que no existe variación significativa de este patrón entre las temporadas, ni entre los puntos de medida. Además se demuestra que este comportamiento en general entre el verano y el invierno está perfectamente correlacionado, no dependiendo de la intensidad del tráfico.
- Así, la pendiente de dicha recta en los días laborables adopta un valor de 5.2 ± 0.2 dBA \cdot h⁻¹, lo que representa un incremento de ruido importante por unidad de tiempo.
 - Mientras que la pendiente de esta misma recta durante los días festivos toma un valor de 2.4 ± 1.1 dBA \cdot h⁻¹.

Por tanto, la pendiente en los días laborables es doble que los días festivos, o lo que es lo mismo que el incremento del ruido del tráfico en la carretera A-5052, al comienzo de la jornada (de 5:00 a 8:00 h) en los días laborables es doble que en los festivos. Además al ser el tráfico rodado de la carretera A-5052 la principal fuente de ruido de El Portil, se puede afirmar que el responsable de ese patrón evolutivo entre los días laborables y festivos se debe al distinto comportamiento de los conductores, entre unos y otros tipos de días.

5. Con los diagramas porcentuales de frecuencia, obtenidos mediante el cálculo de la frecuencia en intervalos de anchura de 1 dBA, agrupando las medidas de todos los registros de 1 segundo de la jornada, resolución temporal inferior al tiempo característicos de los eventos acústicos aislados, se han podido identificar las diversas fuentes de ruido presentes en cada una de las dos monitorizaciones de 24 horas realizadas en el punto de medida E-3. Cuyo resumen se puede ver en la siguiente Tabla VII-3:

Invierno		Verano		
Fuente 1	Fuente 2	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3
37 dBA	58 dBA	39 dBA	53 dBA	62 dBA
23 %	77 %	5 %	16 %	79 %

Tabla VII-3. Fuentes identificadas en el punto de E-3 (más cercano a la A-5052) durante las monitorizaciones de 24 h.

Que corresponden a las siguientes fuentes de ruido:

- 37 dBA: Ruido de fondo en invierno.
 - 58 dBA: Ruido del tráfico de la carretera A-5052 en invierno.
 - 39 dBA: Ruido de fondo en verano.
 - 53 dBA: Ruido de actividades varias: gente hablando, perros ladrando, cortacésped, ruido de música, televisiones, etc. en verano.
 - 62 dBA: Ruido del tráfico de la carretera A-5052 en verano.
6. Con los diagramas porcentuales de frecuencia, obtenidos mediante el cálculo de la frecuencia en intervalos de anchura de 1 dBA, agrupando las medidas de todos los registros de 5 minutos de la semana, se han podido identificar las diversas fuentes de ruido presentes en cada una de las cuatro monitorizaciones semanales realizadas en los puntos de medida E-1 y E-3. Cuyo resumen se puede ver en las siguiente Tablas VII-4 para E-1 y Tabla VII-5 para E-3.

Invierno		Verano	
Fuente 1	Fuente 2	Fuente 1	Fuente 2
15 dBA	32 dBA	22 dBA	47 dBA
24 %	76 %	16 %	84 %

Tabla VII-4. Fuentes identificadas en los puntos E-1 durante las monitorizaciones semanales.

Que corresponden a las siguientes fuentes de ruido en los alrededores del punto de monitorización E-1:

- 15 dBA: Ruido de fondo en invierno alrededor del punto E-1.
- 32 dBA: Ruido del tráfico de la c/ Avoceta en invierno.
- 22 dBA: Ruido de fondo en verano alrededor del punto E-1.
- 47 dBA: Ruido del tráfico de la c/ Avoceta en verano.

Invierno		Verano	
Fuente 1	Fuente 2	Fuente 1	Fuente 2
34 dBA	57 dBA	39 dBA	60 dBA
18 %	82 %	5 %	95 %

Tabla VII-5. Fuentes identificadas en los puntos E-3 durante las monitorizaciones semanales.

Que corresponden a las siguientes fuentes de ruido en los alrededores del punto de monitorización E-3:

- 34 dBA: Ruido de fondo en invierno alrededor del punto E-3.
 - 57 dBA: Ruido del tráfico de la carretera A-5052 en invierno.
 - 39 dBA: Ruido de fondo en verano alrededor del punto E-3.
 - 60 dBA: Ruido del tráfico de la carretera A-5052 en verano.
7. El patrón diario nocturno, obtenido a través de las monitorizaciones de 24 horas en un día laboral, con registros de 1 segundo, y en la temporada invernal, indica que tanto el LAeq,1h como los índices L10, L50 y L90 descienden a partir de la 1:00 horas, presentando prácticamente un plató bajo hasta las 6:00 horas. Ello da una idea muy precisa del silencio que se produce durante las noches invernales de una jornada laboral, tanto por el nivel de ese silencio, como por la prolongación de éste a lo largo de las mismas.
8. Contrariamente a lo que ocurría en invierno, ese mismo patrón diario nocturno, en la temporada estival, indica que durante las noches de los días laborables, tantos el LAeq,1h como los índices L10, L50 y L90 descienden bruscamente a partir de las 3:00 horas en un pico muy profundo hasta la 5:00 horas, en que vuelve bruscamente a subir, ello da idea de que el silencio nocturno tiene apenas dos horas de duración, en las noches estivales.

CAPÍTULO V: CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO PRESENTE EN LA RESERVA NATURAL LAGUNA EL PORTIL (RNLP).

1. El rango de niveles equivalentes de 5 minutos para los 43 puntos de los muestreos espaciales realizados en la RNLP, redondeados a dos cifras significativas, son los de la siguiente Tabla VII-6:

Invierno		Verano	
Nivel máximo	Nivel mínimo	Nivel máximo	Nivel mínimo
51 dBA	29 dBA	64 dBA	34 dBA

Tabla VII-6. Rango de los niveles $L_{Aeq, 5'}$ en los 43 puntos de muestreo de la RNLP.

De la cual se deduce que el rango entre niveles varía entre los 22 dBA en invierno, a los 30 dBA en verano. Y que el rango estacional oscila entre los 13 dBA para los máximos y los 5 dBA para los mínimos. Todo ello viene a indicar como los niveles de $L_{Aeq, 5'}$ son más elevados en verano que en invierno, lo cual se debe al mayor nivel de ruido generado por la carretera en la temporada estival. En la cual los niveles máximos, tanto en invierno como en verano, corresponden a los puntos más cercanos a la carretera A-5052. Mientras que los niveles mínimos se corresponden a los puntos alejados más de 900 m de la carretera, por lo que se puede considerar que estos últimos pueden representar el nivel de fondo de la RNLP.

2. Que la variación del nivel de ruido en la RNLP con la distancia a la carretera A-5052, tanto en la temporada invernal como en la estival, se ajusta muy bien a una función lineal de tipo logarítmico con la distancia. Se observa, además, que las pendientes de ambas rectas son muy similares en verano e invierno, si se tienen en cuenta sus incertidumbres. Con ello, se demuestra que la fuente principal de ruido, sobre el fondo sonoro del espacio natural, es la misma en invierno y en verano (la carretera A-5052), y que la propagación del ruido que genera es perpendicular a la propia carretera.
3. Que al tener pendientes similares, la diferencia de niveles entre el invierno y el verano, para los mismos puntos del muestreo de la RNLP, únicamente depende de la diferencia entre las ordenadas en el origen de ambas rectas logarítmicas, y por tanto va a ser la misma para cualquier punto de la RNLP, siendo en este caso de unos 10 dBA.
4. El ruido de fondo en esta reserva natural se han establecido por el día en unos niveles equivalentes en torno a 30-35 dBA, dependiendo de la estación del año. Valor difícilmente comparable con otros parques naturales, por no existir apenas datos publicados sobre este tipo de espacios protegidos. ¿?
5. La Reserva Natural Laguna de El Portil se encuentra muy cerca de la carretera A-5052, por lo que en verano, las zonas situadas a menos de 15 m de distancia a la A-5052 presentan niveles de ruido superiores a los umbrales recomendados para las áreas naturales (60 dBA), de acuerdo con el anexo II del Real Decreto 1367/2007.

CAPÍTULO VI: MODELIZACIÓN CON *CadnaA*.

1. El rango de los niveles de ruido previstos por el modelo, en los 43 receptores puntuales situados en los mismos puntos de muestreo espacial de la RNLP, redondeados a dos cifras significativas, son:

Invierno		Verano	
Nivel máximo	Nivel mínimo	Nivel máximo	Nivel mínimo
59 dBA	29 dBA	64 dBA	35 dBA

Tabla VII-7. Rango de los niveles L_{Aeq} , previstos por el modelo en los 43 receptores puntuales de la RNLP.

2. De la comparación directa entre los valores previstos por el modelo en verano frente a los previstos en invierno, se concluye que por cada dBA que aumenta el nivel de ruido previsto por el modelo en invierno, le corresponden 1 dBA también en verano. Ya que se observa que la pendiente de la recta de ajuste es prácticamente compatible con la unidad, y el valor de la ordenada en el origen es del orden de 4.3 dBA, y por tanto que la diferencia existente entre los valores previstos por el modelo entre el verano y el invierno, para cualquier punto de la RNLP es fija, y de valor 4.3 dBA.
3. También se observa que en verano, el ajuste entre los niveles de ruido previstos por el modelo en los receptores puntuales de los mapas, frente al nivel medido en los muestreos, es mejor que en invierno. Esto se debe sobre todo a la mayor actividad de la fauna residente en la RNLP (en periodo de apareamiento), que coincidió con el momento de las mediciones realizadas durante la temporada invernal (abril-2011).
4. De las comparaciones de los resultados previstos por los mapas de ruido de los edificios desde los que se realizaron las monitorizaciones, con los resultados de éstas, se desprende que el modelo se ajusta mejor a las mediciones cuanto mayor es el nivel de ruido, bien por distancia a la fuente de ruido (la carretera A-5052), o bien por el momento de evaluación de éste.

7.2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Como se indicó en el Capítulo I, en la literatura científica apenas existen estudios que caractericen la situación acústica en ciudades turísticas costeras, analizando su

evolución entre la temporada estival y el resto del año. Por lo cual no se ha podido partir de una metodología contrastada para este tipo de ciudades, que permitiera abordar con garantías el objetivo de este trabajo científico. Es por ello, por lo que a raíz del trabajo de investigación desarrollado en la presente Tesis Doctoral, han ido surgiendo nuevas ideas que podrían mejorar el conocimiento de la situación y evolución acústica que se produce en este tipo de ciudades. Por tanto, y con objeto de profundizar en su conocimiento en un futuro, se exponen a continuación esas posibles nuevas líneas de actuación:

- Ampliar este estudio a otros núcleos urbanos, también turísticos, y afectados por la misma carretera A-5052, con son Nuevo Portil y El Rompido, ambos del término municipal de Cartaya, con objeto de verificar si las conclusiones obtenidas son generalizables, al menos para cualquier ciudad turística afectada por esta carretera.
- Ampliar este estudio a otros núcleos urbanos turístico-costeros de Andalucía, que estén afectados por una carretera próxima a los mismos, como son: Matalascañas con la A-483, Mazagón con la A-494, Islantilla con la A-5054, Isla Cristina también con la A-5054 (todos ellos en la provincia de Huelva). O municipios de otras provincias con estas mismas características y afecciones como: Conil, con la CA-3208 (Cádiz); Marbella, y Torre del Mar, con la N-340 (Málaga); Aguadulce, con la N-340 (Almería).
- Con el objetivo de tener un mejor conocimiento del paisaje acústico existente, y poder distinguir las influencias antropogénicas de las naturales en los espacios naturales protegidos, y su evolución estacional, sería de interés realizar monitorizaciones acústicas en puntos para las cuatro estaciones del año en diversos espacios naturales de Andalucía, y también a nivel nacional, con objeto de evaluar si se pueden establecer unos criterios comunes para la protección frente a la contaminación acústica de estos espacios naturales.
- Desarrollar una metodología contrastada que permita establecer unos criterios de calidad acústica para las áreas acústicas catalogadas como de tipo *g*) según la Ley del Ruido (LEY 37, 2003) y el Real Decreto Ley (RD 1367, 2007), es decir: *“Espacios naturales que requieran una especial protección contra la contaminación acústica”*, con objeto de avanzar en el establecimiento de unos objetivos de calidad acústica para este tipo de espacios naturales, tan presentes tanto en la geografía andaluza como en todo el territorio nacional. Regulados a través de una amplia normativa abundantemente proteccionista en cuanto al mantenimiento de la diversidad biológica, de la geodiversidad y de los recursos naturales y culturales asociados, pero muy inconclusa en cuanto a la protección al ruido de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Por ultimo en este apartado se detallan las referencias bibliográficas consultadas para lleva a cabo esta tesis doctoral:

Abdullah ME., Shamsudin MK., Karim N., Buhrudim IA. and Shah SMR. A study on noise level produced by roa traffic in Putrajaya using Soundplan Road Traffic Noise Software [Conference] // Proceedings of MUCEET2009 / ed. Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology . - Pahang : June 20-22, 2009.

Agarwal S. and Swami BL. Comprehensive approach for the development of traffic noise prediction model for Jaipur city [Journal] // Environ Monit Assess. - 2011. - Vol. Vol. 172. - pp. 113–120.

Al-Ghonamy AI. Analysis and Evaluation of Road Traffic Noise in Al-Dammam: A Business City of the Easters Province of KSA [Journal] // Journal of Environmental Science and Technology. - 2010. - Vol. Vol. 3. - pp. 47-55.

AL-Sheikh and Amal Bent Yahiya Environmental degradation and its impact on tourism in Jazan, KSA using Remote Sensing and GIS [Journal] // International Journal of Environmental Sciences. - 2012. - No 1 : Vol. Vol. 3.

Antillancas Cabezas PA. Influencia de la actividad turística en el ruido de una ciudad pequeña: Caracterización acústica de Castro [Journal] // Tesis doctoral, Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile. - 2005.

- Babisch W.** Traffic noise and cardiovascular disease: Epidemiological review and synthesis [Journal] // *Noise & Health*. - 2000. - Issue 8 : Vol. Vol. 3. - pp. 9-32.
- Banerjee D., Chakraborty SK., Bhattacharyya S., and Gangopadhyay A.** Attitudinal response towards road traffic noise in the industrial town of Asansol, India [Journal] // *Environ Monit Assess.* - 2009. - Vol. Vol. 151. - pp. 37–44.
- Barber JR., Burdett Cl., Redd SE., Warner KA., Formichella C., Crooks KR., Theobald DM. and Fristruo KM.** Anthropogenic noise exposure in protected natural areas: estimating the scale of ecological consequences [Journal] // *Landscape Ecol.* - Fort Collins : Springer Science+Business Media, 2011.
- Barceló Pérez C.** Fondos acústicos de la región nororiental de Cuba [Journal] // *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. - 2001. - No. 3 : Vol. Vol. 39. - pp. 198-205.
- Barrigón JM., Gómez V., Méndez JA., Vilchez R. and Trujillo J.** An environmental noise study in the city of Cáceres, Spain [Journal] // *Applied Acoustics*. - 2002. - Vol. Vol. 63. - pp. 1061–1070.
- Basner M., Müller U., Elmenherst EM. and Griefahn B.** Aircraft noise effects on sleep: A systematic comparison of EEG awakenings and automatically detected cardiac arousals [Conference]. - Foxwoods, CT : 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem, 2008. - (ICBEN) 2008.
- Bell PA., Mace BL. and Benfield JA.** Aircraft over flights at national parks: Conflict and its potential resolution [Journal] // *Park Science*. - 2010. - No. 3, winter 2009–2010 : Vol. Vol. 26.
- Bengang Li, Shu Tao and Dawson RW.** Evaluation and analysis of traffic noise from the main urban roads in Beijing [Journal] // *Applied Acoustics*. - 2002. - Vol. Vol. 63. - pp. 1137–1142.
- Bolívar Raya Juan Pedro** Física Ambiental [Book]. - Huelva : Universidad de Huelva, 2001. - Vol. Tomo I: Física de radiaciones y acústica ambiental.
- Borrell MD.** Turismo, medioambiente y desarrollo sostenible en el Mediterráneo [Journal] // *Observatorio Medioambiental*. - 2005. - No. 8 . - pp. 305-330.
- Briggs J., Rinella J. and Marin L.** Using acoustical data to manage for solitude in wilderness areas [Journal] // *Park Science*. - 2012. - No. 3, winter 2011–2012 : Vol. Vol. 28 .
- CadnaA** Reference Manual, Release 4.3 [Report]. - [s.l.] : DataKustik GmbH, 2013.
- Chih-Fang F. and Der-Lin L.** Guidance for noise reduction provided by tree belts [Journal]. - [s.l.] : *Landscape and Urban Planning*, 2005. - 71. - pp. 29–34.
- Chita E., Giannakopoulou K. and Zervas E.** Annoyance from noise pollution: case of Heraklion, Greece [Journal]. - Patra : *Recent Advances in Energy, Environment and Economic Development*, 2010.
- Chowdhury AK., Debsarkar A. and Chakrabarty S.** Analysis of day time traffic noise level: A case study of Kolkata, India [Journal] // *International Journal of Environmental Sciences and Research*. - 2012. - No. 1 : Vol. Vol. 2. - pp. 114-118.

Bibliografía y referencias

Chung M., Karantonis P., Gonzaga D. and Robertson T. Comparison of traffic noise prediction of arterial roads using Cadna-A and SoundPLAN noise prediction models [Conference] // Acoustic 2008. - Geelong, Victoria; Australia: 24-26 Nov. : [s.n.], 2008.

Cirianni F. and Leonardi G. Environmental modeling for traffic noise in urban are [Journal] // American Journal of Environmental Science. - 2012. - 4 : Vol. Vol. 8 . - pp. 345-351.

CIS Estudio 2682: "Ecología y Medio Ambiente III" [Informe]. - Madrid : Centro de Investigaciones Sociológicas, 2007.

COITT Libro blanco sobre los efectos del ruido ambiental en la sociedad y su percepción por parte de la ciudadanía [Informe]. - Madrid : Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones, 2008.

Cunha L. and Delgado F. Tourism and Environmental Degradation on the West Coast of Portugal [Conference] // Environmental Challenges in an Expanding Urban World and the Role of Emerging Information Technologies Conference. - Lisbon Portugal : [s.n.], 2003.

Davies T. and Cahill S. Environmental Implications of the Tourism Industry [Journal] // Resources for the Future. - 1616 P Street, NW Washington, DC 20036 : [s.n.], 2000.

de Kluizenaar Y., van Lenthe FJ., Visschedijk AI., Zandveld PY., Miedema HM. and Mackenbach JP. Road traffic noise, air pollution components and cardiovascular events. [Journal] // Noise Health.. - 2013. - 67 : Vols. Nov-Dec;15. - pp. 388-397.

DECRETO 213 de 16 de octubre, de contaminación acústica de la Comunidad Autónoma del País Vasco [Report]. - [s.l.] : BOPV nº 222, del 16 de noviembre de 2012, 2012. - pp. DECRETO 213/2012, de 16 de octubre, de contaminación acústica de la Comunidad Autónoma del País Vasco, BOPV nº 222, del 16 de noviembre de 2012.

den Boer L. C. and Schroten A Traffic noise reduction in Europe [Journal] // CE Delft, Solutions for Environment, Economy and Technology. - 2007.

Deshaiés P., Gonzales Z., Zenner HP., Plontke S., Paré L., Hérbert S., Girard SA., Normandin N., Leroux T. and Zalaman M. Quantification of the burden of disease for tinnitus caused by community noise. Background paper. [Journal] // WHO Collaborating Center on Environmental and Occupational Health Impact Assessment and Surveillance.. - 2005.

DIRECTIVA 2002/49/CE Del de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. [Informe]. - Bruselas : Parlamento Europeo y del Consejo, 2002.

DIRECTIVA 92/43/CEE relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y la flora silvestres. [Report]. - 1992.

Dixon J., Hamilton K., Pagiola S. and Segnestam L. Tourism and the Environment in the Caribbean. An Economic Framework [Journal] // Toward Environmentally and Socially Sustainable Development. Paper. - [s.l.] : THE WORLD BANK ENVIRONMENT DEPARTMENT, 2001.

Dowling Ross K. Tourist and Resident Perceptions of the Environment-Tourism Relationship in the Gascoyne Region, Western Australia [Journal] // *Geo Journal*. - 1993. - No. 3 : Vol. Vol. 29. - pp. 243-251.

Dratva J. Impact of road traffic noise annoyance on health-related quality of life: results from a population-based study [Journal] // *Quality of Life Research*. - 2010. - No. 19. - pp. 37–46.

EEA Traffic noise: exposure and annoyance [Report]. - [s.l.] : European Environment Agency, 2000. - pp. EEA, 2000, "Traffic noise: exposure and annoyance".

GhulamRabbany MD., Afrin S., Rahman A., Islam F. and Hoque F. Environmental effects of tourism [Journal] // *American Journal of Environment, Energy and Power Research*. - 2013. - No. 7 : Vol. Vol. 1. - pp. 117-130.

Golmohammadi R. A compact model for predicting road traffic noise [Journal] // *Iran. J. Environ. Health Sci. Eng.* - 2009. - No. 3 : Vol. Vol. 6. - pp. 181-186.

Gómez Escobar V., Barrigón Morilla JM., Rey Gonzalo G., Vilchez Gómez R., Carmona del Río J. and Méndez Sierra JA. Analysis of the Grid Sampling Method for Noise Mapping [Journal]. - Cáceres : *Archives of Acoustics*, 2012. - 4 : Vol. 37. - pp. pp. 499–514.

Guarnaccia Claudio New Perspectives in Road Traffic Noise Prediction [Conference] // *Latest Advances in Acoustics and Music*. - Iasi (Romania) : Razvan Raducanu, Nikos Mastorakis, Reinhard Neck, Vincenzo Niola, Ka-Lok Ng, 2012.

Guoxia MA., Yujun T., Tianzhen TU. and Zhenqwu REN. Assessment of traffic noise pollution from 1989 to 2003 in Lanzhou city [Journal] // *Environmental Monitoring and Assessment*. - 2006. - Vol. Vol. 123. - pp. 413–430.

Guzmán Garcés FA. Implementación de una red de monitoreo continuo de ruido en ENAP Refinerías Bio Bio [Report]. - [s.l.] : Tesis doctoral, Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile, 2006.

<http://sdt.unwto.org/es/content/definición> [Journal].

<http://www.brandchannel.com/home/post/Nielsen-Report-Corporate-Citizenship-040312.aspx> [Conference].

<http://www.juntadeandalucia.es/fomentoyvivienda/portal-web/web/areas/carreteras/aforos> [Report].

<http://www.multivu.com/mnr/49260-tripadvisor-eco-friendly-travel-survey-voluntourism-go-green> [Conference].

IESA-CSIC Ecobarómetro de Andalucía. Informe de Síntesis 2009 [Report]. - Madrid/Sevilla : Instituto de Estudios Sociales Avanzados - Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, 2009.

ISO 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración [Report]. - 2005.

ISO 1996-1 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures. [Report]. - 2003.

Bibliografía y referencias

ISO 1996-2 Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels. [Report]. - 2007.

Juvenal Décimo Julio Satiras de Juvenal traducidas en verso [Book]. - Madrid : Imprenta de Doña Catalina Piñuela, 1817.

Karakolios EA., Vosniskos FK., Mamoukaris A., Xipolitos K. and Constantin DE. Vehicle emissions in the city of Leptokaria (Greece) and its contributions at the atmospheric air and noise pollution [Journal] // Fresenius Environmental Bulletin. - 2013. - No. 3A : Vol. Vol. 22 . - pp. 379-383.

Karantonis P., Gowen T. and Simon M. Further Comparison of Traffic Noise Predictions Using the CadnaA and SoundPLAN Noise Prediction Models [Conference] // Proceedings of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010. - 23-27 August 2010, Sydney, Australia : [s.n.], 2010.

Kin-che Lam and Chung Yi-tak T. Exposure of urban populations to road traffic noise in Hong Kong [Journal] // Transportation Research Part D. - 2012. - Vol. Vol. 17. - pp. 466–472.

King EA., Murphy E. and Rice HJ. Evaluating the impact on noise levels of a ban on private cars in Dublin city centre, Ireland [Journal] // Transportation Research Part D. - 2011. - Vol. Vol. 16. - pp. 532–539.

Kotios A., Plageras P., Galanos G., Kontaulakis M. and Saratsis Y. The Impact of Tourism on Water Demand and Wetlands: Searching for a Sustainable Coexistence [Journal] // Discussion Paper Series. - 2009. - No. 4 : Vol. Vol. 15. - pp. 71-88.

Lamure C Noise Pollution, Chapt. 12: Road Traffic Noise: Generation, Propagation and Control [Book Section]. - [s.l.] : John Wiley & Sons Ltd., 1986.

Leisinger M. Why sustainability matters [Report]. - Colombo 4TH July : Kuoni Travel LTD, , 2012.

Lera F., Faulin J., Sánchez M. and Calleja-Blanco J. Analysis of the Willingness to Pay to Reduce Environmental Impacts from Road Transportation: A Case Study from the Spanish Pyrenees [Report]. - Pamplona (Spain) : Universidad Pública de Navarra, 2010.

LEY 2/89 Ley 2/89 del 18 de Julio por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales de Andalucía, y se establecen las medidas adicionales para su protección [Report] / Parlamento de Andalucía. - [s.l.] : BOE-201 de 23 de agosto, 1989.

LEY 37 de 17 de nov., “del Ruido” [Report]. - [s.l.] : BOE nº 276 de 18-11-2003, 2003.

López L., Díaz ER. and Marey MF. Desarrollo y validación de una metodología para la planificación acústica en áreas rurales [Conference]. - 2012. - pp. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia, 11-13 de julio de 2012.

Mansouri N., Pourmahabadian M. and Gashemkhani M. Road traffic noise in downtown area of Tehran [Journal] // Iran. J. Environ. Health Sci. Eng.. - 2006. - No. 4 : Vol. Vol. 3. - pp. 267-272.

Martín MA., Tarrero AI., Machimbarrena M., González J. and González V. A methodology to study noise annoyance and to perform Action Plans follow up using as input an existing survey and noise map: Application to the city of Málaga (Spain) [Journal] // Applied Acoustics. - 2011. - Vol. Vol. 72. - pp. 495–504.

Méline J. Transportation noise and annoyance related to road traffic in the French RECORD study [Journal] // International Journal of Health Geographics. - 2013. - p. 12:44.

Miyara Federico Modelización del ruido del tránsito automotor [Book Section]. - Rosario : Universidad Nacional de Rosario, 2000.

MLCV et MT Guide du bruit des transport terrestres: Prévisions des niveaux sonores [Book]. - Paris : Ministère de L'environnement et du Cadre de Vie, et Ministère de Transports, 1980.

Muhanna E. Sustainable Tourism Development and Environmental Management for Developing Countries [Journal] // Problems and Perspectives in Management. - 2006. - Issue 2 : Vol. Vol. 4.

Niko Koncul Ph. D. Environmental issues and tourism [Journal] // Ekon. Misao Praksa dbk. god XVI.. - 2007. - BR. 2.. - pp. 157-166.

Ozer S., Yilmaz H. and Yesil P. Evaluation of noise pollution caused by vehicles in the city of Tokat, Turkey [Journal] // Scientific Research and Essay. - 2009. - No. 11 : Vol. Vol. 4. - pp. 1205-1212.

Pal D. and Bhattacharya D. "Effect of road traffic noise pollution on human work efficiency in government offices, private organizations, and commercial business centres in Agartala City using fuzzy expert system: A case study [Journal] // Hindawi Publishing Corporation Advances in Fuzzy Systems. - 2012. - ID 828593 : Vol. Vol. 2012. - p. 9.

Pediatrics 1997 Noise: A Hazard for the Fetus and Newborn [Journal] // Official Journal of the American Academy of Pediatrics. - Vol. Vol. 100. - pp. 724-732.

Phan Thi HY., Yano T., Sato T. and Nishimura T. Characteristics of road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City, Vietnam [Journal] // Applied Acoustics. - 2010. - Vol. Vol. 71. - pp. 479–485.

Probst W. and Huber B. The Sound Power Level of Cities [Journal] // Sound and Vibration. - Munich : [s.n.], 2003.

Probst W. and Probst F. Validation of calculation methods for sound propagation outdoors [Conference] // NOISE-CON 2011. - [s.l.] : July 25-27 Portland, Oregon, 2011.

Qin, You-hui CAO and Bing-yao LIN Comparative Study Residents perceptions of Tourism Impacts at Tourist Places [Journal] // Chinese Geographical Scienc. - 2005. - No. 1 : Vol. Vol. 15. - pp. 70-79.

RD 1367 de 19 de octubre, "por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas [Report]. - [s.l.] : BOE del 23-10-2007, 2007.

RD 1513/2005 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. [Report]. - [s.l.] : BOE nº 301 del 17-12-2005, 2005.

Bibliografía y referencias

Ross Z., Kheirbek I., Clougherty JE., Ito K., Matte T., Markowitz S. and Eisl H. Noise, air pollutants and traffic: Continuous measurement and correlation at a high-traffic location in New York City [Journal] // Environmental Research. - 2011. - Vol. Vol. 111. - pp. 1054–1063.

Samara T. and Tsitsoni T. Road traffic noise reduction by vegetation in the ring road of a big city [Conference] // Proceeding of the International Conference of Environmental Management, Engineering, Planning and Economics. - Skiatos, June 24-28 : [s.n.], 2007. - pp. pp. 2591-2596.

Sánchez-Sánchez R., Fortes Garrido JC. and Bolivar Raya JP. Characterization and evaluation of noise pollution in a tourist coastal town [Journal] // Applied Acoustic. - 2015.

Selander J., Nilsson ME., Bluhm G., Rousenlund M., Lindqvist M., Nise G. and Pershagen G. Long-term exposure to road traffic noise and myocardial infarction [Journal] // Epidemiology. - 2009. - No. 2 : Vol. Vol. 20. - pp. 272-279.

Shadlen M. and Newsome W. Noise, neural codes and cortical organization [Journal] // Current Opinion in Neurobiology. - 1994. - Vol. Vol. 4. - pp. 569-579.

Shapiro S. and Wilk M. An Analysis of Variance test for normality (complete samples) [Journal] // Biometrika. - 1965. - No. 3/4 : Vol. Vol. 52. - pp. 591-611.

Special Eurobarometer 295 Attitudes of European citizens towards the environment [Report]. - Brussels : European Commission, 2008.

Stansfeld S and Matheson M Noise pollution: non-auditory effects on health [Journal] // British Medical Bulletin. - 2003. - Vol. Vol. 68. - pp. 243–257.

Sunlu U. Environmental impacts of tourism [Publicación periódica] // Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens / ed. Camarda D. y Grassini L.. - Bari : Local resources and global trades: Environments and agriculture in the Mediterranean region, 2003. - 57. - págs. 263- 270.

Tapper R., Hadjikakou M., Noble R. and Jenkinson J. The impact of the tourism industry on freshwater resources in countries in the Caribbean, Mediterranean, North Africa and other regions [Report]. - [s.l.] : Tourism Concern & Environment Business & Development Group, 2011. - pp. 1-57.

Tarrero AI. Propagación del sonido en bosques. Análisis comparativo de las medidas in situ, en laboratorio, y de los valores predichos por un modelo [Report]. - Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad de Valladolid : [s.n.], 2002.

Taylor I., Newman C., Anable J. and Sloman L. Traffic Noise in Rural Areas: Personal experiences of people affected [Journal] // Report from Transport for Quality of Life to The Noise Association based on case study interviews and survey research funded by Esmee Fairbairn Foundation, 20. - 2008.

Tet Leong S and Laortanakul P Monitoring and assessment of daily exposure of roadside workers to traffic noise levels in an Asian City: A case study of Bangkok streets [Journal] // Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 85. - 2002. - pp. 69-85.

UNEP Tourism and Coastal Resources Degradation in the Wider Caribbean [Conference] // Caribbean Environment Programme. - Virgin Islands : United Nations Environment Programme, 1996.

van Kempen EEMM, Hanneke K., Boshuizen HC., Ameling CB. and Staatsen BA. The Association between Noise Exposure and Blood Pressure and Ischemic Heart Disease: A Meta-analysis [Journal] // Environmental Health Perspectives. - 2002. - 3 : Vol. Vol. 110. - pp. 307-317.

Vera JF. and Ivars JA. Indicadores de sostenibilidad para destinos maduros: Balance y propuesta de aplicación [Conference] // Creando Estructuras para la Investigación y la Educación en Política Turística y Gestión de Destinos. - Madrid 2-3 Junio : Organización Mundial del Turismo, 2004.

Vogiatzis C., Psychas K. and Chaikali S. Environmental Noise as a design parameter in urban tourist areas in Greece. A social, technical & legal approach [Journal] // Acoustique & Techniques. - 2001. - Vol. No. 24.

Vogiatzis K. and Psychas K. Legal Aspects On Environmental Noise And Urban Soundscape Rehabilitation In Mediterranean Countries: The Case Of Greece [Journal] // International Journal of Sustainable Development and Planning. - 2012. - Vol. 7. - p. 10.

WG-AEN Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure V2 [Report]. - Brussels : European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, 2007. - pp. 1-129.

WHO Guidelines for Community Noise [Report]. - Ginebra : World Health Organization, 1999.

WHO Night Noise Guidelines for Europe [Report]. - Copenhagen : World Health Organization, 2009.

WHO Parma Declaration on Environment and Health [Report] = EUR/55934/5.1 Rev. 2 / World Health Organization. - Parma : Fifth Ministerial Conference on Environment and Health "Protecting children's health in a changing environment", 2010.

ANEXO I CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE MEDIDA

Para realizar las medidas, tanto de las monitorizaciones semanales y de 24 horas en los dos puntos previstos del casco urbano, como los muestreos puntuales en los cuarenta y tres localizaciones de la Reserva Natural de la Laguna del Portil, se han necesitado los siguientes equipos:

- Sonómetro integrador de precisión. marca RION. modelo: NL-31. número de serie: 0130936. que cumple con las normas UNE-EN-60651. UNE-EN-60804 y con la norma IEC/EN 61672-1 (clase 1).



Figura A1.1. Sonómetro Rion.

- Calibrador acústico de marca RION. modelo NC 74 para sonómetros. con capacidad para generar un nivel de presión sonora a $94 \text{ dBA} \pm 0.3 \text{ dBA}$. a una frecuencia de 1000 Hz. con número de serie 00130559. y que cumple con las normas: UNE 20942 e IEC 60942:2003 (clase 1).



Figura A1.2. Calibrador Rion CB-5

- Sonómetro integrador-promediador de clase 1. de la marca CESVA. modelo: SC-20c. número de serie: T208849, que cumple las normas UNE-EN 60651:96 (A1:97) tipo1, UNE-EN 60804:02 tipo 1, y IEC 60651:01 tipo 1, IEC 60804:00 tipo 1.



Figura A1.3. Sonómetro Cesva.

- Calibrador CB-5 para sonómetro CESVA. con capacidad para generar dos niveles de presión sonora a 94 y 104 dBA. con número de serie 28596. Clase 1L según EN 60942:1998.



Figura A1.4. Calibrador Cesva CB-5

- Pantalla antiviento.

Anexo I



Figura A1.5. Pantalla antiviento

- GPS del teléfono móvil Samsung. modelo GT-S5360.



Figura A1.6. GPS del móvil Samsung

- Trípode de sujeción del sonómetro.



Figura A1.7. Trípode

- Tarjeta compact Flash de 256 MB. para recogida de datos del sonómetro.



Figura A1.8. Tarjeta compact Flash 256 Mb

- Lector de tarjetas compact flash. y cable USB2.0 para descargar datos en el ordenador.



Figura A1.9. Lector de tarjeta compact Flash

- Interface RS32-USB. para pasar datos desde el sonómetro al ordenador.



Figura A1.10. Interface RS32-USB

ANEXO II
CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN PERIÓDICA DE LOS
INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE MEDIDA



Verificaciones Industriales de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

Laboratorio Central
 Gregor J Mendel Edificio VEIASA
 Isla de la Cartuja
 41092 SEVILLA
 Tfno. 955 04 40 00

hoja 1/1

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN PERIÓDICA

Informe_año: 00S2939-1_2011

TITULAR :

Entidad: ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY SOLUTIONS, S.L.

Dirección: Dpto. Física Aplicada Facultad CC. Experimentales. Campus El Carmen

Localidad: 21071 Huelva

Provincia: Huelva

EQUIPO :

Instrumento: Sonómetro Integrador

Marca: Rion **Modelo:** NL-31

Nº serie: 0130936 **Clase:** I

Micrófono Tipo: UC-53A **Nº serie:** 103770

Preamplificador tipo: NH-21 **Nº serie:** 06657

Realizados los ensayos establecidos en la Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, B.O.E. nº 237, de fecha 03/10/07, por la que se regula el Control Metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos, de acuerdo a los procedimientos ITTNET 27 y ITTNET 31 elaborados por VEIASA, se certifica que el equipo objeto del presente informe, CUMPLE con los requisitos de los ensayos de verificación periódica especificados en el capítulo IV de la citada Orden.

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones, afectando únicamente a la muestra sometida a verificación.

No se permite la reproducción parcial de este informe sin autorización expresa para ello.

Observaciones:

Sevilla, a 23 de febrero de 2011



Fdo. Bricio Santos Jurado
 Verificador del Laboratorio Central

Fdo. Marta Fernández Vadillo
 Jefa del Laboratorio central de Emisiones y Fluidos

Ensayos realizados con fecha 22 de febrero de 2011

00S2939-1_2011 ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY SOLUTIONS, S.L.



Verificaciones Industriales de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

Laboratorio Central
Gregor J Mendel Edificio VEIASA
Isla de la Cartuja
41092 SEVILLA
Tfno. 955 04 40 00

hoja 1/1

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN PERIÓDICA

Informe año: 00S2939-2_2011

TITULAR:

Entidad: ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY SOLUTIONS, S.L.

Dirección: Dpto. Física Aplicada Facultad CC. Experimentales. Campus El Carmen

Localidad: 21071 Huelva

Provincia: Huelva

EQUIPO

Instrumento: CALIBRADOR ACÚSTICO

Marca: Rion

Modelo: NC 74 Clase: I

Nº serie: 00130559

Realizados los ensayos establecidos en la Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, B.O.E. nº 237, de fecha 03/10/07, por la que se regula el Control Metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos, de acuerdo a los procedimientos ITTMET 27 y ITTMET 32 elaborados por VEIASA, se certifica que el equipo objeto del presente informe, CUMPLE con los requisitos de los ensayos de verificación periódica especificados en el capítulo IV de la citada Orden.

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones, afectando únicamente a la muestra sometida a verificación.

No se permite la reproducción parcial de este informe sin autorización expresa para ello.

Observaciones:

Sevilla, a 23 de febrero de 2011


Fdo. Bricio Santos Jurado
Verificador del Laboratorio Central


Fdo. Marta Fernández Vadillo
Jefa del Laboratorio central de Emisiones y Fluidos

Ensayos realizados con fecha 22 de febrero de 2011

00S2939-2_2011 ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY SOLUTIONS, S.L.

ANEXO III
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LAS
CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS Y
EQUIPOS DE MEDIDA



Verificaciones Industriales de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of calibration

Número: 00S2939-3
Number

Página 1 de 17 páginas
Page 1 of 17 pages

Laboratorio Central

C/. Gregor J. Mendel, s/n. Edificio VEIASA
 Isla de la Cartuja
 41092 SEVILLA
 Tfno.: 955 044 000 Fax: 955 044 029

VEIASA

INSTRUMENTO:

Description

Sonómetro integrador promediador

MARCA:

Manufacturer

Rion

MODELO:

Model

NL-31

Nº DE SERIE:

Serial number

0130936

PETICIONARIO:

Customer

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY
 SOLUTIONS, S.L.
 Dpto. Física Aplicada Facultad CC.
 Experimentales. Campus de El Carmen
 21071 Huelva
 Huelva

FECHA DE CALIBRACIÓN:

Date of calibration

22/02/2011

Signatario/s autorizado/s

Authorized signatory/ies

Fecha de emisión: 23/02/2011

Date of issue


 Fdo.: Bricio Santos Jurado
 Verificador de Laboratorio




 Fdo.: Marta Fernández Vadillo
 Jefa del Laboratorio Central de Electricidad y Fluidos

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales o internacionales. ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de certificados de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national or international standards.

ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation (EA) and International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).

INSTRUMENTO REGISTRADO EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SE-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A-41.398645



Características del Mensurando:

Sonómetro Promediador		Micrófono	
Nº de serie:	0130936	Nº de serie:	103770
Fabricante/Marca:	Rion	Fabricante/Marca:	Rion
Modelo:	NL-31	Modelo:	UC-53A
Tipo:	I	Sensibilidad:	---mV/Pa
Rango de Referencia	30-120 dB	Preamplificador	
Nivel Referencia	94 dB	Nº de serie:	06657
Ponderaciones Frecuenciales	A, C, L	Fabricante/Marca:	Rion
Ponderaciones Temporales	F, S, I y P	Modelo:	NH-21

Patrón utilizado:

Nº de control: E000141S y E00143S
El equipo patrón utilizado tiene trazabilidad a los patrones nacionales del Centro Español de Metrología (CEM) o patrones internacionales.

Procedimiento de calibración:

Las pruebas se han realizado según el procedimiento ITTMET 31 establecido por VEIASA. Las tolerancias reflejadas en los ensayos, son las indicadas en la norma UNE EN 60651 y UNE-EN 60804 para sonómetros y sonómetros integradores promediadores. Los procedimientos de calibración están basados en normas que no corresponden a la última edición publicada. Incertidumbre se calcula según EA-4/02.

Condiciones del ensayo:

Temperatura ambiente	(20,9 ±0,4) °C
Humedad relativa	(56,6 ±3,8) %
Presión atmosférica	(1023 ±0) mbar

Observaciones:

INCLUIDA EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º 5E-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A-41398645



Resultados de la Calibración:

0) Ajuste

Se ajusta acústicamente el sonómetro al nivel sonoro de referencia y a la frecuencia de referencia mediante el calibrador acústico patrón.

Lectura antes de ajuste	Lectura después de ajuste
(dB)	(dB)
94,0	93,9

1) Lectura en las condiciones de referencia

Se realiza un ajuste a 94 dB y 1000 Hz utilizando un calibrador acústico patrón.

Frecuencia Hz	Nivel de entrada (dB)	Valor esperado (dB)	Valor Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia (dB)
1000	94	93,9	93,9	0	± 0,7

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

2) Respuesta en frecuencia

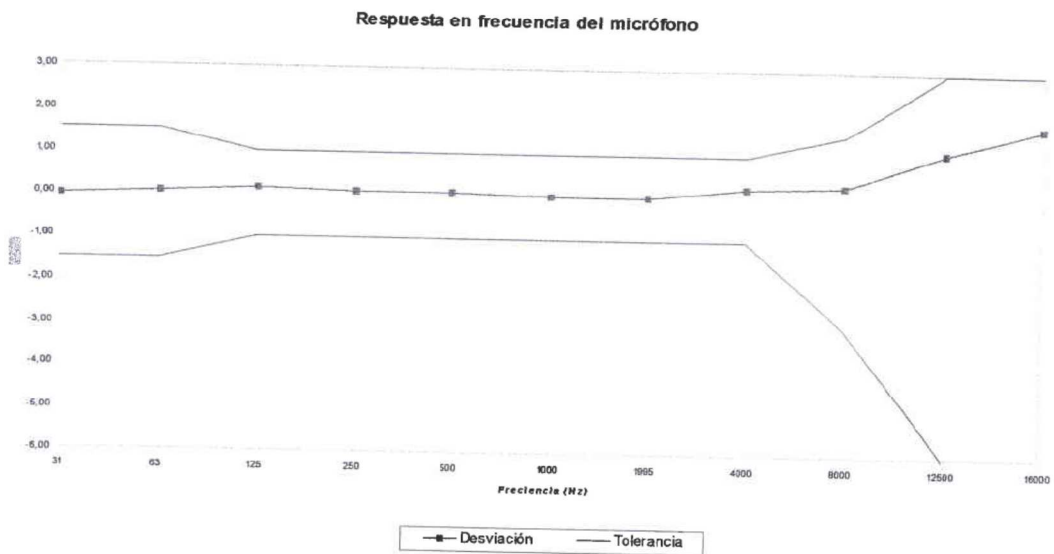
2.1) Respuesta acústica

Ponderación frecuencial C

La respuesta acústica del sonómetro y del micrófono, se comprueba en el rango de frecuencias de 31,5 Hz a 16 KHz con un calibrador acústico patrón. Se registra la desviación con respecto a la señal de referencia de 1KHz y 94 dB.

Frecuencia (Hz)	Desviación (dB)	Ue (dB)	Tolerancias (dB)
31	-0,05	0,27	± 1,5
63	0,04	0,27	± 1,5
125	0,13	0,27	± 1
250	0,09	0,27	± 1
500	0,09	0,27	± 1
1000	0,00	0,35	± 1
1995	0,01	0,35	± 1
4000	0,25	0,45	± 1
8000	0,29	0,83	1,5 ; -3
12500	1,11	0,83	3 ; -6
16000	1,72	0,83	3 ; -∞

INSCRITA EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SE-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A-41398645



2.2) Respuesta eléctrica

Ponderación frecuencial C

La comprobación de la ponderación frecuencial C, por entrada eléctrica, se realiza aplicando una señal sinusoidal de nivel constante y se registra la desviación respecto al valor de referencia de 1000 Hz y 94 dB.

Frecuencia (Hz)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
31	-0,1	± 1,5
63	-0,1	± 1,5
125	0,0	± 1
250	-0,1	± 1
500	0,0	± 1
1000	0,0	± 1
1995	0,0	± 1
4000	0,1	± 1
8000	0,1	1,5 ; -3
12500	0,3	3 ; -6
16000	0,2	3 ; -∞

Incertidumbre de la medida = **0,15 dB**

IMPRIMTA EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SE-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A41398615



Verificaciones Industriales de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:00S2939-3

Página 5 de 17

Ponderación frecuencial A

La comprobación de la ponderación frecuencial A, por entrada eléctrica, se realiza aplicando una señal sinusoidal de nivel constante y se registra la desviación respecto al valor de referencia de 1000 Hz y 94 dB.

Frecuencia (Hz)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
31	-0,1	± 1,5
63	0,0	± 1,5
125	-0,1	± 1
250	-0,1	± 1
500	-0,1	± 1
1000	0,0	± 1
1995	0,0	± 1
4000	0,1	± 1
8000	0,0	1,5 ; -3
12500	0,1	3 ; -6
16000	0,1	3 ; -∞

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

Ponderación frecuencial L

La comprobación de la ponderación frecuencial L, por entrada eléctrica, se realiza aplicando una señal sinusoidal de nivel constante y se registra la desviación respecto al valor de referencia de 1000 Hz y 94 dB.

Frecuencia (Hz)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
31	-0,4	± 1,5
63	-0,1	± 1,5
125	-0,1	± 1
250	-0,1	± 1
500	0,0	± 1
1000	0,0	± 1
1995	0,0	± 1
4000	0,1	± 1
8000	-0,1	1,5 ; -3
12500	-0,2	3 ; -6
16000	-0,5	3 ; -∞

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

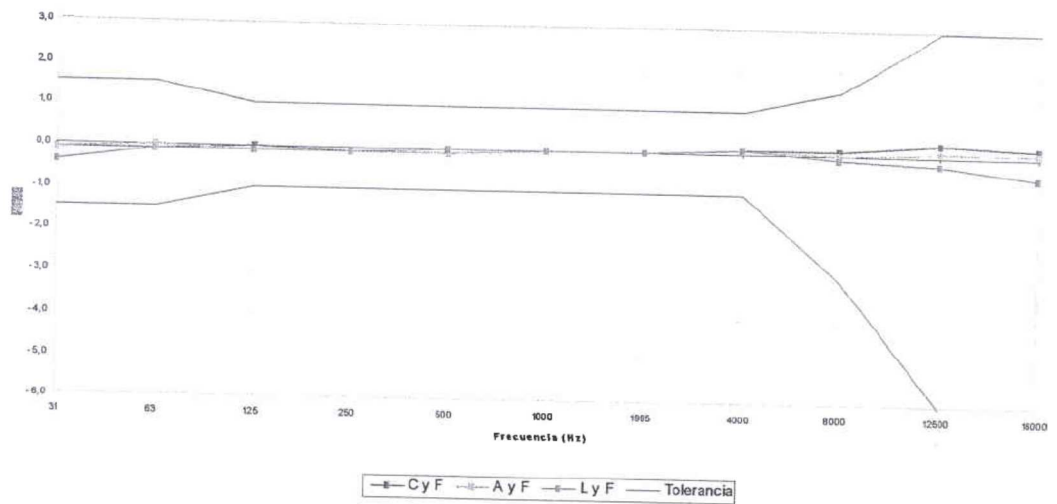


Verificaciones Industriales de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:00S2939-3

Página 6 de 17

Respuesta en frecuencia eléctrica



IMPRESO EN EL RESURTO MECANICO DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SE-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A-41398645



3) Detector RMS

3.1) Ensayo con pulsos sinusoidales

Señal de referencia: Señal sinusoidal de 119,2 dB (señal teórica de -2dB con respecto al nivel superior del rango de referencia, teniendo en cuenta la corrección del filtro) y 2000 Hz.

Señal de calibración: Tren de impulsos de señales sinusoidales de igual frecuencia a la señal de referencia. La frecuencia de repetición del tren es de 40 Hz. Factor de cresta = 3. Cada tren está compuesto por 11 ciclos. La respuesta máxima teórica esperada con esta señal es de 112,7 dB (6,5 dB por debajo de la señal de referencia).

La prueba se realiza a niveles de -22 dB, -42 dB y -62 dB.

El ensayo se realiza en A y S.

Nivel	Señal de Referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
-2	***	119,2	***	***	***
	119,2	112,5	112,7	-0,2	± 0,5
	119,2	112,5	112,7	-0,2	± 0,5
	119,2	112,5	112,7	-0,2	± 0,5
-22	***	99,2	***	***	***
	99,2	92,5	92,7	-0,2	± 0,5
	99,2	92,5	92,7	-0,2	± 0,5
	99,2	92,5	92,7	-0,2	± 0,5
-42	***	79,2	***	***	***
	79,2	72,5	72,7	-0,2	± 0,5
	79,2	72,5	72,7	-0,2	± 0,5
	79,2	72,5	72,7	-0,2	± 0,5
-62	***	59,2	***	***	***
	59,2	52,6	52,7	-0,1	± 0,5
	59,2	52,5	52,7	-0,2	± 0,5
	59,2	52,5	52,7	-0,2	± 0,5

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SE-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A41398645



3.2) Ensayo con pulsos rectangulares

Señal de referencia: Señal sinusoidal de 118 dB (señal teórica de -2dB con respecto al nivel superior del rango de referencia, teniendo en cuenta la corrección del filtro) y 2000 Hz.

Señal de calibración: Tren de impulsos de señales rectangulares de frecuencia 2500 Hz. La frecuencia de repetición del tren es de 40 Hz. Factor de cresta = 3. Cada tren está compuesto por 11 ciclos. La respuesta máxima teórica esperada con esta señal es de 110,5 dB (7,5 dB por debajo de la señal de referencia).

La prueba se realiza a niveles de -22 dB, -42 dB y -62 dB y para pulsos positivos y negativos.

Los ensayos se realizan en L y S.

Pulsos positivos

Nivel	Frecuencia (Hz)	Valor de Referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
-2	2000	***	118,0	***	***	***
	2500	118,0	110,4	110,5	-0,1	± 0,5
-22	2000	***	98,0	***	***	***
	2500	98,0	90,0	90,5	-0,5	± 0,5
-42	2000	***	78,0	***	***	***
	2500	78,0	70,5	70,5	0,0	± 0,5
-62	2000	***	58,0	***	***	***
	2500	58,0	50,5	50,5	0,0	± 0,5

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

Pulsos negativos

Nivel	Frecuencia (Hz)	Valor de Referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
-2	2000	***	118,0	***	***	***
	2500	118,0	110,5	110,5	0,0	± 0,5
-22	2500	***	98,0	***	***	***
	2000	98,0	90,0	90,5	-0,5	± 0,5
-42	2500	***	78,0	***	***	***
	2000	78,0	70,5	70,5	0,0	± 0,5
-62	2500	***	58,0	***	***	***
	2000	58,0	50,4	50,5	-0,1	± 0,5

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

IMPRESIÓN EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SE-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A-41398645



4) Ponderaciones Temporales

4.1) Ponderación temporal Fast

Señal de referencia: Señal sinusoidal de 117,2 dB (señal teórica de -4 dB con respecto al nivel superior del rango de referencia, incluyendo la corrección del filtro) y 2000 Hz.

Señal de calibración: Impulsos aislados de 200 ms e igual amplitud a la señal de referencia. La respuesta máxima teórica esperada es de 116,2 dB (-1 dB con respecto a la señal de referencia). La prueba se realiza a niveles de -24 dB, y -44 dB.

Los ensayos se realizan en A y F.

Nivel (dB)	Frecuencia (Hz)	Valor de Referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
-4	2000Hz	***	117,2	***	***	***
	***	117,2	116,2	116,2	0,0	± 1
	***	117,2	116,2	116,2	0,0	± 1
	***	117,2	116,2	116,2	0,0	± 1
-24	2000Hz	***	97,2	***	***	***
	***	97,2	96,2	96,2	0,0	± 1
	***	97,2	96,2	96,2	0,0	± 1
	***	97,2	96,2	96,2	0,0	± 1
-44	2000Hz	***	77,2	***	***	***
	***	77,2	76,2	76,2	0,0	± 1
	***	77,2	76,2	76,2	0,0	± 1
	***	77,2	76,2	76,2	0,0	± 1

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

INSTITUTO ANDALUZ DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS - IIA - CALIBRACIÓN - C.I.F. A-41398645



4.2) Ponderación temporal Slow

Señal de referencia: Señal sinusoidal de 117,2 dB (señal teórica de -4 dB con respecto al nivel superior del rango de referencia incluyendo la corrección del filtro) y 2000 Hz.

Señal de calibración: Impulsos aislado de 500 ms e igual amplitud a la señal de referencia. La respuesta máxima teórica esperada es de 113,1 dB (-4,1 dB con respecto a la señal de referencia). La prueba se realiza a niveles de -24 dB, y -44 dB.

Los ensayos se realizan en A y S.

Nivel (dB)	Frecuencia (Hz)	Valor de Referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
-4	2000Hz	***	117,2	***	***	***
	***	117,2	113,1	113,1	0,0	± 1
	***	117,2	113,1	113,1	0,0	± 1
	***	117,2	113,1	113,1	0,0	± 1
-24	2000Hz	***	97,2	***	***	***
	***	97,2	93,1	93,1	0,0	± 1
	***	97,2	93,1	93,1	0,0	± 1
	***	97,2	93,1	93,1	0,0	± 1
-44	2000Hz	***	77,2	***	***	***
	***	77,2	73,1	73,1	0,0	± 1
	***	77,2	73,1	73,1	0,0	± 1
	***	77,2	73,1	73,1	0,0	± 1

Incertidumbre de la medida = **0,15 dB**

INDUSTRIA EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEVILLA - TOMO I 207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SE-140 - INSCRIPCIÓN I.º - C.I.F. A41398645



Verificaciones Industriales de Andalucía, S.A.
 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:00S2939-3

Página 11 de 17

4.4) Ponderación temporal Peak

Señal de referencia: Impulso rectangular de duración 10 ms.

Señal de calibración: Impulso rectangular de 0,1 ms e igual amplitud a la señal de referencia.

La prueba se realiza para impulsos positivos y negativos en L y P.

Pulsos positivos

Frecuencia (Hz)	Valor de Referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)	
2000	***	118,0	***	***	Sobrecarga
2500	118,0	117,9	-0,1	± 0,5	No

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

Pulsos negativos

Frecuencia (Hz)	Valor de Referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)	
2000	***	118,0	***	***	Sobrecarga
2500	118,0	117,9	-0,1	± 0,5	No

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 86 - HOJA N.º SE140 - INSCRIPCIÓN I + C.I.F. A41398645



5) Linealidad

Se comprueba la linealidad del sonómetro a las frecuencias de 31,5 Hz, 1 000 Hz y 8000 Hz. La señal de referencia es de 94 dB. Se calcula el error de linealidad partiendo de este nivel y el error de diferencia de nivel entre valores que difieren entre sí 1dB y 10 dB. Los ensayos se realizan en L y F.

Frecuencia 31,5 Hz

Valor de referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Error de Linealidad (dB)	Error de diferencia de Nivel (dB)	Tolerancias Linealidad (dB)	Tolerancias diferencia de Nivel (dB)
94,0	93,7	***	***	***	***	***
104,0	103,7	103,7	0,0	***	± 0,7	***
114,0	113,7	113,7	0,0	***	± 0,7	***
116,0	115,7	115,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
117,0	116,7	116,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
118,0	117,7	117,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
119,0	118,7	118,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
120,0	119,7	119,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
84,0	83,7	83,7	0,0	***	± 0,7	***
74,0	73,7	73,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,4
64,0	63,7	63,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,4
54,0	53,7	53,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,4
49,0	48,7	48,7	0,0	***	± 0,7	***
48,0	47,7	47,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
47,0	46,7	46,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
46,0	45,7	45,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
45,0	44,7	44,7	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2

Incertidumbre de la medida = **0,15 dB**

INSTITUTO DE CALIBRACIÓN DE SEVILLA - TOMO I 207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SEI 40 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A-41398645



Frecuencia 1000 Hz

Valor de referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Error de Linealidad (dB)	Error de diferencia de Nivel (dB)	Tolerancias Linealidad (dB)	Tolerancias diferencia de Nivel (dB)
94,0	94,0	***	***	***	***	***
104,0	104,0	104,0	0,0	***	± 0,7	***
114,0	114,0	114,0	0,0	***	± 0,7	***
116,0	116,0	116,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
117,0	117,0	117,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
118,0	118,0	118,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
119,0	119,0	119,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
120,0	120,0	120,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
84,0	84,0	84,0	0,0	***	± 0,7	***
74,0	74,0	74,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,4
64,0	64,0	64,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,4
54,0	54,0	54,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,4
49,0	49,0	49,0	0,0	***	± 0,7	***
48,0	48,0	48,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
47,0	47,0	47,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
46,0	46,0	46,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
45,0	45,0	45,0	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

Frecuencia 8000 Hz

Valor de referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Error de Linealidad (dB)	Error de diferencia de Nivel (dB)	Tolerancias Linealidad (dB)	Tolerancias diferencia de Nivel (dB)
94,0	93,9	***	***	***	***	***
104,0	103,9	103,9	0,0	***	± 0,7	***
114,0	113,9	113,9	0,0	***	± 0,7	***
116,0	115,9	115,9	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
117,0	116,9	116,9	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
118,0	117,9	117,9	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
119,0	118,9	118,9	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
120,0	119,9	119,9	0,0	0,0	± 0,7	± 0,2
84,0	84,0	83,9	0,1	***	± 0,7	***
74,0	74,0	73,9	0,1	0,0	± 0,7	± 0,4
64,0	64,0	63,9	0,1	0,0	± 0,7	± 0,4
54,0	54,0	53,9	0,1	0,0	± 0,7	± 0,4
49,0	49,0	48,9	0,1	***	± 0,7	***
48,0	47,9	47,9	0,0	-0,1	± 0,7	± 0,2
47,0	47,0	46,9	0,1	0,1	± 0,7	± 0,2
46,0	46,0	45,9	0,1	0,0	± 0,7	± 0,2
45,0	44,9	44,9	0,0	-0,1	± 0,7	± 0,2

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

INSTITUTO ANDALUZ DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS - IIA - HOJA N.º 55-140 - INSCRIPCIÓN I.º - C.I.F. A-41398645



6) Sobrecarga

6.1) Ensayo con señal sinusoidal

Señal de referencia: Sinusoidal continua 115 dB a 1000 Hz (señal teórica de -5 dB con respecto al nivel superior del rango de referencia).

Se registran las variaciones con respecto a esta señal, al disminuir la frecuencia y aumentar la señal en la inversa de la curva de la ponderación A.

Los ensayos se realizan en A y F.

(Hz)	Nivel Esperado (dB)	Nivel Leído (dB)	Desviación (dB)	Sobrecarga	Tolerancias (dB)
1000,0	***		***	No	***
794,3	115,0	115,0	0,0	No	± 1
631,0	115,0	114,9	-0,1	No	± 1
501,2	115,0	114,9	-0,1	No	± 1
398,1	115,0	114,9	-0,1	No	± 1
316,2	115,0	115,0	0,0	No	± 1
251,2	115,0	114,9	-0,1	No	± 1
199,5	115,0	115,0	0,0	No	± 1
158,5	115,0	115,0	0,0	No	± 1
125,9	115,0	114,5	-0,5	Sobrecarga	± 1

de la medida = **0,15 dB**

INVENTARIO EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SE-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A-41398645



6.2) Ensayo con pulsos rectangulares

Señal de referencia: 118 dB (-2 dB por debajo del límite superior del rango de referencia incluyendo la corrección del filtro), frecuencia 2000 Hz.

Señal de calibración: Impulsos rectangulares positivos y negativos

Los ensayos se realizan en L y S. El sonómetro supera este ensayo conforme a la orden si el error es menor a la tolerancia o marca sobrecarga.

Pulsos positivos

Frecuencia (Hz)	Valor de Referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)	
2000	***	118,0	***	***	Sobrecarga
2500	118,0	117,9	-0,1	± 0,5	

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

Pulsos negativos

Frecuencia (Hz)	Valor de Referencia (dB)	Valor Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)	
2000	***	118,0	***	***	Sobrecarga
2500	118,0	118,0	0,0	± 0,5	Sobrecarga

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

7) Exactitud del atenuador:

El selector de márgenes se comprueba a las frecuencias de 31,5 Hz, 1000 Hz, 8000 Hz y 12500 Hz.

Señal de referencia: A la frecuencia seleccionada y en el rango de referencia.

Señal de calibración: La señal se aumenta en la diferencia entre el fondo de escala del rango de referencia y el valor del fondo de escala del subrango seleccionado.

Los ensayos se realizan en L y F.

Frecuencia 31,5 Hz

Subrango (dB)	Nivel	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
20-80	-4	53,8	53,7	0,1	± 0,4
20-90	-3	63,8	63,7	0,1	± 0,4
20-100	-2	73,7	73,7	0,0	± 0,4
20-110	-1	83,8	83,7	0,1	± 0,4
30-120	0	93,7	***	***	***
40-130	1	103,7	103,7	0,0	± 0,4

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

INSTITUTO TECNOLÓGICO ANDALUZ DE SEVILLA - TUMU 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º 5E140 - INSCRIPCIÓN I.ª - C.I.F. A41398645



Frecuencia 1000Hz

Subrango (dB)	Nivel	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
20-80	-4	54,1	54,0	0,1	± 0,4
20-90	-3	64,1	64,0	0,1	± 0,4
20-100	-2	74,0	74,0	0,0	± 0,4
20-110	-1	84,1	84,0	0,1	± 0,4
30-120	0	94,0	***	***	***
40-130	1	104,0	104,0	0,0	± 0,4

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

Frecuencia 8000 Hz

Subrango (dB)	Nivel	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
20-80	-4	54,1	53,9	0,2	± 0,4
20-90	-3	64,0	63,9	0,1	± 0,4
20-100	-2	74,0	73,9	0,1	± 0,4
20-110	-1	84,0	83,9	0,1	± 0,4
30-120	0	93,9	***	***	***
40-130	1	103,9	103,9	0,0	± 0,4

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

Frecuencia 12500 Hz

Subrango (dB)	Nivel	Valor Leído (dB)	Valor Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancias (dB)
20-80	-4	53,7	53,8	-0,1	± 0,4
20-90	-3	63,7	63,8	-0,1	± 0,4
20-100	-2	73,7	73,8	-0,1	± 0,4
20-110	-1	83,8	83,8	0,0	± 0,4
30-120	0	93,8	***	***	***
40-130	1	103,7	103,8	-0,1	± 0,4

Incertidumbre de la medida = 0,15 dB

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SEVILLA - IOMIO 1207 - FOLIO 84 - HOJA 8 SEJ140-INSERCIÓN 1 - C.I.F. A41398645



Verificaciones Industriales de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of calibration

Número: 00S2939-4
Number

Página 1 de 3 páginas
Page 1 of 3 pages

Laboratorio Central

C/. Gregor J. Mendel, s/n. Edificio VEIASA
Isla de la Cartuja
41092 SEVILLA
Tlfno.: 955 044 000 Fax: 955 044 029

VEIASA

INSTRUMENTO:

Description

Calibrador sonoro

MARCA:

Manufacturer

RION

MODELO:

Model

NC74

Nº DE SERIE:

Serial number

00130559

PETICIONARIO:

Customer

ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY
SOLUTIONS, S.L.
Dpto. Física Aplicada Facultad CC.
Experimentales. Campus de El Carmen
21071 Huelva
Huelva

FECHA DE CALIBRACIÓN: 22/02/2011

Date of calibration

Signatario/s autorizado/s

Authorized signatory/ies

Fecha de emisión: 23/02/2011

Date of issue

Fdo.: Bricio Santos Jurado

Verificador de Laboratorio



Fdo.: Marta Fernández Vadillo

Jefe del Laboratorio Central de Electricidad y Fluidos

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC que ha comprobado las capacidades de medida del laboratorio y su trazabilidad a patrones nacionales o internacionales. ENAC es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de certificados de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national or international standards.

ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation (EA) and International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).

INQUIRIR EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEVILLA - TOMO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SE-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A41398645



Verificaciones Industriales de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 00S2939/4

Características del Mensurado:

Calibrador Sonoro		Características	
Nº de serie:	00130559	Nivel de Presión sonora:	94 dB
Fabricante/Marca:	RION	Frecuencia:	1000 Hz
Modelo:	NC74		
Tipo:	1		

Patrón utilizado:

Nº de control: E000141S, E000147S y E00143S

El equipo patrón utilizado tiene trazabilidad a los patrones nacionales del Centro Español de Metrología (CEM) o patrones internacionales.

Procedimiento de calibración:

Las pruebas se han realizado según el procedimiento ITTMET 32 establecido por VEIASA. Las tolerancias reflejadas en los ensayos, son las indicadas en la norma UNE 20-942:1994 para calibradores sonoros. El procedimiento de calibración está basado en normas que no corresponden a la última edición publicada.

Incertidumbre se calcula según EA-4/02.

Condiciones del ensayo:

Temperatura ambiente:	(20,6±0,5)°C
Humedad relativa	(54,1±3,1)%
Presión atmosférica	(1022±1)mbar

Observaciones:

INSTITUTO ANDALUZ DE METROLOGÍA DE SEVILLA - LOMIO 1207 - FOLIO 84 - HOJA N.º 35-140 - INSCRIPCIÓN 1.ª - C.I.F. A-41398645



Verificaciones Industriales de Andalucía, S.A.
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 00S2939/4

Resultados de la Calibración:

1) Nivel de frecuencia

F=1000 Hz

Nivel (dB)	Desviación (%)	Tolerancia (%)
94	0,156	± 2

Ue = 0,12 Hz

2) Nivel de Presión sonora

Nivel (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia (dB)
94	-0,09	± 0,3

Ue = 0,23 dB

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por un factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica medida se ha obtenido conforme al documento EA-4/02.

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones, afectando única y exclusivamente al ítem calibrado.

No se permite la reproducción parcial de este certificado sin la aprobación u autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO MERCANTIL DE SEMILLA - TOMO I 207 - FOLIO 84 - HOJA N.º SEI-40 - INSCRIPCIÓN N.º C.I.E.A-I 398645

