



2010



Ruido generado por el Tráfico Urbano



REALIZADO POR
CARLOS SORIANO BENITO
DIRIGIDO POR
DON FRANCISCO J. MARTÍNEZ GÓMEZ
02/09/2010

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	4
1.1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS	4
1.1.1.- ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS DISINTOS CASOS DE RUIDO EN EL TRÁFICO.....	4
1.1.2.- CAUSAS DE LAS CONTINUAS VARIACIONES DE RUIDO	5
1.2.- EL RUIDO DE TRÁFICO COMO PROBLEMA MEDIOAMBIENTAL	9
1.2.1.- EUROPA (LIBRO VERDE DE LA UE)	9
1.2.1.1.- LA SITUACIÓN DEL RUIDO EN LA UNIÓN EUROPEA	9
1.2.1.2.- ANÁLISIS DE LAS ACCIONES DE REDUCCIÓN DEL RUIDO EXISTENTES EN LA UNIÓN EUROPEA	9
1.2.1.3.- CONSECUENCIAS DEL RUIDO EN EL MEDIO- AMBIENTE Y SITUACIÓN EN LA UNIÓN EUROPEA	10
1.2.1.4.- POLÍTICAS EXISTENTES PARA REDUCIR LA EXPOSICIÓN AL RUIDO Y SU APLICACIÓN.....	11
1.2.2.- TRANSPORTE RODADO	12
1.2.2.1.- VEHÍCULOS A MOTOR.....	12
1.2.2.2.- VEHÍCULOS DE DOS O TRES RUEDAS	12
1.2.2.3.- PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS	12
1.2.2.4.- INVESTIGACIÓN SOBRE LA REDUCCIÓN DEL RUIDO	13
1.2.2.5.- ACCIÓN SOBRE LAS DIFERENTES FUENTES.....	13
1.2.3.- SITUACIÓN EN ESPAÑA.....	14
1.2.3.1.- NUEVA LEY DE TRÁFICO.....	14
1.2.3.2.- TRÁFICO ENDURECE LAS SANCIONES CONTRA LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	14
1.2.3.3.- DESARROLLAN UNA NUEVA BARRERA ACÚSTICA PARA ATENUAR EL RUIDO DEL TRÁFICO	15
1.2.3.4.- RESUMEN DE LA SITUACIÓN EN ESPAÑA	16
1.2.4.- SITUACIÓN EN EL MUNDO	16
1.2.4.1.- ANÁLISIS DE TRAYECTORIAS	18
1.3.- ORGANIZACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES RELACIONADAS Y EMPRESAS TRABAJANDO	19
1.3.1.- SOCIEDAD ACÚSTICA ESPAÑOLA	19
1.3.2.- CAMPOS DE ACTUACIÓN.....	20
1.3.3.- I-INCE	20
1.3.4.- INTERNATIONAL INSTITUTE OF ACOUSTICS AND VIBRATION (IIAV)	20
1.3.5.- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS)	21
1.3.6.- EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA LEGISLACIÓN	23

2.- LEGISLACIÓN Y NORMATIVA TÉCNICA	25
2.1.- <u>NORMATIVA LEGAL</u>	25
2.1.1.- DIRECTIVA 2002/49/CE	25
2.1.2.- LEY 37/2003	26
2.1.3.- RD 1513/2005	27
2.1.4.- RD 1367/2007	28
2.1.5.- DOCUMENTO BÁSICO DE PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO	30
2.1.6.- AUTONÓMICAS	31
2.1.6.1.- REGLAMENTO DE RUIDO DE VEHÍCULOS EN VALENCIA	32
2.1.7.- ORDENANZA MUNICIPAL.....	35
2.1.7.1.- REGLAMENTACIÓN DE GRANADA REFERENTE A CICLOMOTORES Y MOTOCICLETAS	35
2.1.7.2.- INSTRUMENTACIÓN DE MEDIDA	35
2.1.8.- DIRECTIVAS COMUNITARIAS	36
2.2.- <u>NORMATIVA TÉCNICA</u>	37
2.2.1.- ISO..	37
2.2.1.1.- ISO 362-1:2007.....	37
2.2.1.2.- ISO 362-2:2009.....	37
2.2.1.3.- ISO 5130:2007	38
2.2.2.- UNE-EN-ISO	39
2.2.2.1.- UNE-74156:1994.....	39
2.2.3.- NORDTEST	39
3.- FUENTES DE RUIDO EN VEHÍCULOS	41
3.1.- <u>RUIDO EN VEHÍCULOS</u>	42
3.1.1.- MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	44
3.1.2.- RUIDO AERODINÁMICO	44
3.1.3.- RUIDO DE RODADURA	44
3.1.4.- FACTORES DE LOS QUE DEPENDE EL RUIDO DE TRÁFICO	45
3.1.5.- FUENTES DE RUIDO EN EL TRANSPORTE Y SOLUCIONES	46
3.2.- <u>SOLUCIONES EUROPEAS</u>	47
3.3.- <u>VEHÍCULOS DE CARRETERA Y EL RUIDO GENERADO POR LOS NEUMÁTICOS</u>	47
3.3.1.- RUIDO DE VEHÍCULOS EN CARRETERA	47
3.3.2.- RUIDO GENERADO POR LOS NEUMÁTICOS	49
3.3.3.- RUIDO DE LA SUPERFICIE	49
4.- MODELIZACIÓN Y MAPAS DE RUIDO	51
4.1.- <u>MAPAS DE RUIDO</u>	51
4.1.1.- MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO	52
4.1.2.- TIPOS DE MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO	52
4.2.- <u>PROYECTO EUROPEO IMAGINE</u>	53

4.2.1.-	CONCEPTOS BÁSICOS IMAGINE	53
4.2.2.-	PROYECTO IMAGINE PARA MAPAS DE RUIDO	54
4.2.3.-	REALIZACIÓN DE LAS LÍNEAS DE PROPAGACIÓN	56
4.2.4.-	MODELO TEMÁTICO	59
4.3.-	<u>PROGRAMA CADNA-A</u>	60
4.3.1.-	COMO REALIZAR UN MAPA DE RUIDO DEBIDO AL TRÁFICO.....	63
4.3.2.-	CONCLUSIONES.....	84
5.-	MOVILIDAD URBANA	85
5.1.-	<u>CONCEPTO</u>	85
5.2.-	<u>TIPOS DE MOVILIDAD</u>	86
5.2.1.-	MOVILIDAD OBLIGADA	86
5.2.2.-	MOVILIDAD NO OBLIGADA	87
5.3.-	<u>MOVILIDAD SOSTENIBLE</u>	87
5.3.1.-	ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE	90
5.3.2.-	PROBLEMAS AMBIENTALES Y SOCIALES QUE AFRONTA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE.....	91
5.3.3.-	INDICADORES DE MOVILIDAD SOSTENIBLE.....	95
6.-	PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA	100
6.1.-	<u>ENSAYO EN MOVIMIENTO (DESCRIPTIVO)</u>	100
6.1.1.-	INSTRUMENTACIÓN DE MEDIDA	100
6.1.2.-	VEHÍCULOS A MOTOR	102
6.2.-	<u>ENSAYO A VEHÍCULO PARADO</u>	106
6.2.1.-	INSTRUMENTACIÓN DE MEDIDA	107
6.2.2.-	VEHÍCULOS A MOTOR	108
6.3.-	<u>REAL DECRETO 1439/1972</u>	112
6.4.-	<u>MÉTODO APROXIMADO DE FILTRADO</u>	114
7.-	INFORMES DE MEDIDA	115
8.-	MEDIDAS	131
9.-	CONCLUSIONES	147
10.-	BIBLIOGRAFÍA	149
	<u>ANEXO 1</u>	150
	<u>ANEXO 2</u>	169

1. Introducción

1.1.- Antecedentes históricos

El ruido es un problema que surgió hace siglos, de hecho, ya en la antigua Roma sufrían este problema, ello era debido al millón de habitantes que habitaban en la ciudad y que inundaban las calles de ruido y bullicio, a pesar de todo, no eran exclusivamente los ciudadanos de a pie los que provocaban la contaminación acústica, sino también la gran cantidad de vehículos que tenían a su disposición, y con ello, surgieron los primeros problemas de tráfico de la historia.

Así se promulgaron las primeras leyes a causa del estruendo ocasionado por sus vehículos, se decantaron por prohibir su circulación por las mañanas, aunque como era de esperar, trasladaron el problema a la caída de la noche, por lo que no conseguían poner fin a la contaminación acústica. No hay que olvidar que todo ello se veía acrecentado por el ruido que ocasionaban las ruedas de metal rozando con las calzadas de piedra.

Ya en el siglo XVIII Nicolas-Joseph creó el primer vehículo a vapor en el año 1769, estos vehículos originaron un gran problema en los Ayuntamientos ingleses por el ruido que ocasionaban y los continuos atropellos a los transeúntes.

A partir de ahora se tratará el ruido de tráfico como la suma energética de los niveles sonoros producidos por todos los vehículos que forman el tráfico. La principal característica del ruido ambiental y de tráfico, es la variación del ruido con el tiempo.

1.1.1.- Estudio de los distintos casos de ruidos en el tráfico

A continuación se considerarán algunas acciones que provocan efectos en lo referente a la contaminación acústica:

- Si en una carretera el tráfico es mínimo, la distancia entre los vehículos es grande y su paso es independiente del resto, por lo tanto se produce menor contaminación acústica.
- Conforme va incrementándose la intensidad de tráfico, la distancia entre vehículos disminuye, aumentando así la contaminación.
- Es fácilmente perceptible que cuando el tráfico es muy elevado, el ruido es casi constante.

El ruido ha ido formando parte de nuestras vidas, de modo que por lo general no se aprecian todos los efectos producidos por éste. A menudo pueden resultar experiencias agradables, pero conjuntamente a estas sensaciones, tenemos sonidos molestos e incluso perjudiciales.

Desde mediados del siglo XIX y de una forma creciente y progresiva, la sociedad está en continua evolución donde la presencia del ruido sigue creciendo.

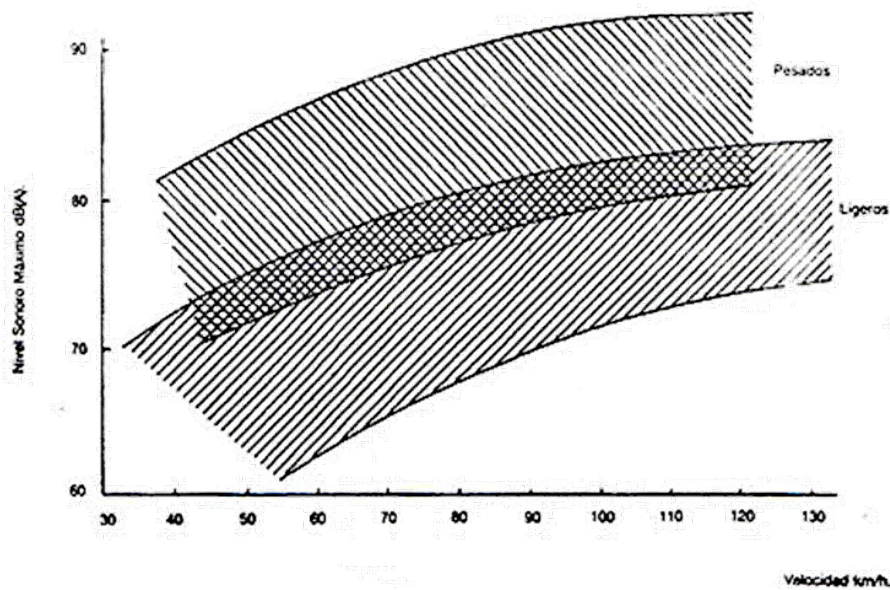
En el siguiente apartado se detallan algunas causas que influyen en las variaciones de ruido.

1.1.2.- Causas de las continuas variaciones de ruido

- El carácter variable del tráfico tanto en las calles como en las carreteras.
- La cantidad de vehículos con distintas características mecánicas y distinta emisión de ruido.
- Igualmente, las distintas velocidades de los vehículos, que está directamente relacionada con la contaminación acústica.
- La forma de conducir.
- El estado del vehículo.
- El flujo del tráfico.
- La pendiente, el trazado y el estado de la carretera o autopista.
- Las condiciones de propagación sonora desde la vía de circulación al observador.

Gráfica velocidad-decibelios

En la gráfica aquí dispuesta, se analiza como distintos vehículos (pesados y ligeros) a las mismas velocidades, pueden originar distinto ruido, esto es debido a la forma de conducción, al estado del vehículo y a la marca de éste.



Gráfica 1, velocidad frente al nivel sonoro máximo según el tipo de vehículo

Ya en 1969 se introduce el nivel de polución acústica, **NPL**, basado en el nivel de molestia que originan los ruidos analizados, el cual está muy ligado al nivel sonoro equivalente, L_{eq} , y a la amplitud de las fluctuaciones del ruido. Se obtiene la siguiente expresión :

$$NPL = L_{eq} + 2,56 s$$

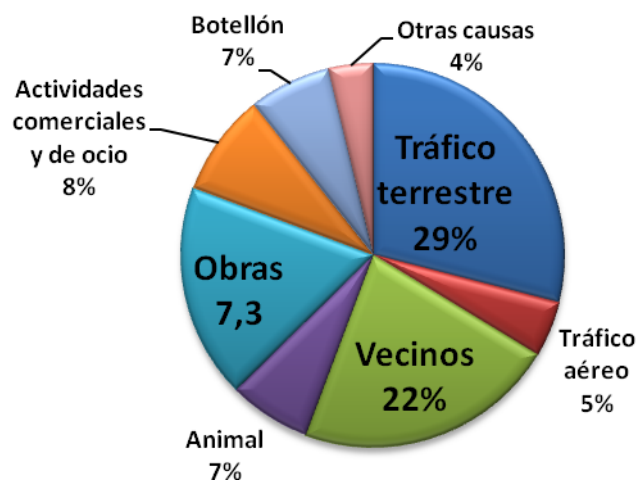
Siendo s la representación de la distribución estadística de los niveles instantáneos del ruido.

Distinción entre vehículo pesado y vehículo ligero:

- **Vehículo pesado:** Vehículo automóvil especialmente acondicionado para el transporte de mercancías cuyo peso máximo autorizado sea superior a 6 toneladas y cuya capacidad de carga exceda de 3,5 toneladas. Las cabezas tractoras tendrán la consideración de vehículos pesados cuando tengan una capacidad de arrastre de más de 3,5 toneladas de carga.
- **Vehículo ligero:** Vehículo automóvil especialmente acondicionado para el transporte de mercancías cuyo peso máximo autorizado no exceda de 6 toneladas, o que, aun sobrepasando dicho peso, tenga una capacidad de carga útil no superior a 3,5 toneladas.

Hace tiempo que la Unión Europea tomó medidas contra el ruido, por ejemplo, en 1996 con el Libro Verde de la Comisión Europea sobre «Política Futura de Lucha Contra el Ruido», en el cual se hablaba claramente de la necesidad inmediata de crear normas contra el ruido por el bienestar de las personas y dos años más tarde, en 1998 con el informe Dobrís.

Hoy día las fuentes del ruido ya están muy definidas y estudiadas, así los expertos aseguran que las más destacadas son: el tráfico rodado (muy por encima del resto), el tráfico aéreo y ferroviario, además de la construcción y obras públicas, pero también existen otros ruidos producidos por acciones como el botellón, actividades de ocio, animales o por los vecinos.



Fuente: Encuesta de hogares y medio ambiente 2008 (INE)

- ✓ El 25,1% de la población española sufre algún problema de ruido.
- ✓ El 31% de la población ha tomado alguna medida contra el ruido.

Muchas veces el ruido no viene generado sólo por el motor u otras funciones mecánicas, el 21 mayo de 2008 la Comisión Europea se propuso establecer nuevas normas de eficiencia energética y ruido para neumáticos con la exención de vehículos deportivos utilitarios (SUV). Todo ello basado en el proyecto de reglas de T&E, siglas inglesas de transporte y medio ambiente.

Una noticia llegada la semana anterior al artículo mencionado, mediante la cual se buscaba la reacción de las organizaciones pertinentes, fue presentada por la agencia alemana del medio ambiente (UBA) para la organización mundial de la salud, se

explicaba que el ruido del tráfico suponía los mismos riesgos para la salud que los fumadores pasivos y en muchos casos, es el responsable de más daños en lo referente a la salud pública que los propios accidentes de tráfico.

El reportaje publicado mostró que cerca de la mitad de los europeos están normalmente expuestos al ruido de tráfico con niveles potencialmente peligrosos para la salud. Al hacer el reportaje los datos eran sorprendentes, el ruido de los raíles y el transporte en carretera estaban vinculados a 50.000 ataques al corazón todos los años y 200.000 casos de enfermedades cardio-vasculares en la Unión Europea.

Nina Renshaw, directora de la agencia y transporte del medio ambiente, además de activista del ruido del transporte, calificó de vergonzosa la reducción del ruido en el transporte de carretera. Alegando que las normas del ruido son totalmente ineficaces, ``los coches no son más silenciosos que en 1970´´, decía Nina. La mitad de los europeos están sufriendo las consecuencias de no dormir por las noches, problemas del corazón e impactos sobre las habilidades de aprendizaje.

En la actualidad, la mitad de todos los neumáticos (destinados a vehículos) que se venden ya cumplen con la normativa de límites del ruido. Pero, aunque ya es la mayor parte del mercado la que cumple la normativa, los vehículos más ineficientes seguirán obteniendo exenciones.

En resumen:

La contaminación acústica es uno de los problemas más antiguos que se conocen, y a ello se debe añadir que siempre ha sido un tema el cual no ha sido tratado con la importancia que le correspondía, debido a los siguientes motivos:

- Es una contaminación localizada, únicamente afecta a un entorno limitado a la cercanía de la fuente.
- Los efectos negativos tardan en salir a la luz hasta que ha transcurrido un largo periodo de tiempo.
- Se comete el error de considerar el ruido como algo inevitable, siendo éste un resultado del desarrollo y del progreso.



Imagen 1.1 Tráfico en las ciudades y fuentes de ruido.

1.2.- El ruido de tráfico como problema medioambiental

1.2.1.- Europa (libro verde de la UE)

1.2.1.1.- La situación del ruido en la Unión Europea

Aproximadamente el 20% de la población en la Unión Europea, cerca de 80 millones de personas sufren niveles de ruido que son considerados como inaceptables, niveles de ruido que son incómodos para la mayor parte de las personas, produciendo perturbaciones en el sueño y otros efectos nocivos para la salud.

Además, 170 millones de personas viven en las denominadas ``zonas grises'', zonas en las cuales el nivel de ruido es molesto en la mayor parte del día, dicho nivel se encuentra entre 55 y 65 dB(A).

1.2.1.2.- Análisis de las acciones de reducción del ruido existentes en la Unión Europea

Gracias a las nuevas legislaciones y avances tecnológicos, desde 1970 se consiguieron importantes reducciones del ruido. Los ejemplos más claros se han visto en los automóviles, en los cuales el ruido se vio reducido un 85% y en los camiones un 90%.

Por otra parte, en los últimos años no se ha experimentado ninguna mejoría en cuanto a tráfico rodado se refiere, esto es debido al crecimiento exponencial y a la expansión del tráfico en las últimas décadas, incluso se ha previsto que el problema del ruido continúe creciendo paralelamente al incremento del volumen de tráfico rodado y aéreo, sin olvidar los trenes de alta velocidad.

En los vehículos a motor se deberán tener en cuenta factores como, por ejemplo, el ruido producido por los neumáticos a partir de velocidades muy bajas (50 km/h), así como la carencia en los procedimientos llevados a cabo tanto en las inspecciones como en los mantenimientos.

Opciones en términos de acciones futuras:

- Armonización de los métodos de evaluación de la exposición al ruido y el intercambio mutuo de información.
- Abordará el ruido causado por los neumáticos y considerará la posibilidad de integrar los costes del ruido en instrumentos fiscales.
- Debe prestarse mayor atención al ruido ferroviario.
- En el transporte aéreo la Comisión también está considerando una combinación de instrumentos.
- La Comisión tiene previsto simplificar la legislación actual y propondrá una directiva marco aplicable a más equipos.

El principal objetivo de éste documento es la reducción del ruido.

1.2.1.3.- Consecuencias del ruido en el medio ambiente y situación en la UE

Las fuentes de ruido ambiental

Los Estados disponen de clasificaciones de las fuentes de ruido relacionadas con actividades humanas: tráfico en carretera, ferroviario, aéreo, ingeniería civil y de construcción.

Efectos del ruido

Otra dificultad que se puede encontrar, es la posibilidad de cuantificar los efectos producidos por el ruido, ya que cada persona tiene un nivel de tolerancia diferente al ruido y sus variaciones.

Para la mayor parte de la población (90%) la principal fuente es el tráfico rodado, debido a su exposición a niveles superiores a 65 dB, frente al 1,7% del ferrocarril y al 1% del tráfico aéreo.

Cabe recordar que en algunos países se tiene mayor tolerancia a los ruidos ferroviarios que a los de tráfico rodado, algo que lógicamente se tiene en cuenta a la hora de establecer normas y directrices en este aspecto.

Los datos obtenidos aseguran que la cantidad de personas que sufren molestias causadas por el ruido están disminuyendo, en cambio, el problema global sigue aumentando. Esto se produce porque aumenta el tiempo de exposición a ruidos nocivos aunque sus niveles se mantengan constantes. Hace unos cuantos años, el día era más ruidoso, pero, poco a poco la noche está acrecentando su nivel de ruido.

Por ello, hay que buscar soluciones al ruido, puesto que éste sigue suponiendo un riesgo para las personas, sobre todo en lo que concierne al tráfico rodado.

Los principales factores que influyen actualmente y posiblemente en un futuro son:

- Crecimiento continuo de vehículos y kilómetros que estos recorren.
- Trenes de alta velocidad.
- Camiones u otros vehículos dedicados a la distribución de mercancías 24 horas al día, acentuando así las molestias del ruido que resultan del tráfico.

1.2.1.4.- Políticas existentes para reducir la exposición al ruido y su aplicación

Métodos para reducir la exposición al ruido:

Se dispone de tres enfoques básicos que reducen la exposición al ruido:

- 1) Disminuir el ruido en el sistema o equipo, es decir, en las máquinas, motores, neumáticos...
- 2) Colocar barreras entre la fuente del ruido y las personas, que reducen la percepción del ruido.
- 3) Colocar aislamientos, como los utilizados en los edificios, que disminuirán la recepción del ruido.

1.2.2.- Transporte rodado

1.2.2.1.- Vehículos a motor

Actualmente, todos los vehículos están obligados a tener en cuenta los límites existentes de la limitación del ruido (dB) y por lo tanto, la producción de estos deberá estar por debajo de dichos límites. Con el tiempo, estos límites han ido disminuyendo cada vez más, y con ellos, ha ganado mucha importancia el ruido producido por los neumáticos, porque a partir de 50 km/h son una de las fuentes más importantes de ruido.

A día de hoy existe un problema, por el cual no es conveniente reducir los límites establecidos, con esto se quiere advertir que no es económicamente viable, a no ser que se adopten nuevas medidas para disminuir el ruido producido por el contacto entre los neumáticos y el suelo.

1.2.2.2.- Vehículos de dos o tres ruedas

En 1978 se estableció una legislación que limitaba los niveles de sonoridad en las motocicletas, siendo ésta modificada en varias ocasiones, introdujeron cada vez límites más bajos, siendo algunas modificaciones de gran importancia, se pasaron de valores opcionales a obligatorios, ya en 1997 introdujeron la lucha y sanciones contra la manipulación de silenciadores.

1.2.2.3- Procedimientos operativos

Prohibición en la utilización de vehículos y otros equipos ruidosos.

Dicha restricción fue impuesta en su mayoría a los camiones, sobre todo, por la noche en muchas ciudades de Europa. Véase Francia, ciudades alemanas como Salzburgo, aunque casi siempre con excepciones en vehículos con bajo nivel de ruido, en otros casos como Londres, todavía se extendía más esta restricción, además de prohibir su uso durante la noche, tampoco podían hacerlo durante el fin de semana. Tampoco se libraba Austria, donde tenían prohibida su circulación en la autopista de Tauern durante la noche.

La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), consideró varios de estos regímenes llegando a la conclusión de la necesidad de las siguientes condiciones para una buena organización:

- Un marco jurídico que no esté en conflicto con la legislación supranacional y que incluya una definición de los vehículos de bajo ruido.

- Una clara delimitación de la zona restringida e identificación de los vehículos exentos.
- Medios de vigilancia y aplicación de las prohibiciones.
- Cooperación con los fabricantes y empresarios.
- Sensibilización pública del problema del ruido.

1.2.2.4.- Investigación sobre la reducción del ruido

Cada vez se destinan más proyectos en busca de soluciones para los problemas del ruido, llevándose a cabo las siguientes actividades:

- Mediciones de ruidos y vibraciones mediante ensayos.
- Reducir especialmente el ruido de los vehículos a motor, trenes y aviones.
- Investigaciones destinadas a probar el correcto funcionamiento de estrategias avanzadas y aprobación de nuevos proyectos para conseguir información acerca de los niveles de ruidos en zonas urbanas.

1.2.2.5.- Acción sobre las diferentes fuentes

En 1996 se establecieron nuevos valores límite, que supusieron una disminución de 2dB en zonas urbanas, aunque esto implicó un gasto muy costoso. Los nuevos valores límite exigieron una mayor utilización de aislamientos acústicos, que repercutieron con un gasto en automóviles del 5%, de un 4% en autobuses y un 7% en los camiones, en total un coste anual de 5000 a 6000 millones de euros en la industria. Además lo acusó el peso de los vehículos, lo que implicó un mayor precio del combustible y un incremento de las emisiones de CO₂.

1.2.3.- Situación en España

1.2.3.1.- Nueva ley de tráfico

Una nueva ley de tráfico restringirá el tráfico en algunas zonas con contaminación acústica, se procederá dividiendo el territorio en áreas acústicas con sanciones de hasta 300.000 euros. Se obligará a destinar planes especiales en aquellas zonas donde se sobrepasen los umbrales definidos, mediante medidas que supondrán la limitación del tráfico.

Por otra parte, el Ministerio del Medio Ambiente presentó la Ley del Ruido y sus respectivos desarrollos con el objetivo de prevenir, vigilar y reducir los niveles de ruido, evitando molestias y daños a la salud y al medio ambiente.

Esta ley pretende la realización de mapas de ruido para poblaciones mayores de 100.000 habitantes antes del año 2012. Con esta normativa, las nuevas instalaciones e infraestructuras deberán cumplir unos valores límite. En el caso de las infraestructuras ya existentes, se deberán tomar medidas correctoras.

Además se ha instaurado un sistema de sanciones que podrán llegar hasta los 300.000 euros cuando la infracción sea muy grave, como ejemplo, la construcción en zonas con niveles superiores a los permitidos.

Posiblemente la ciudad más ruidosa, según algunas publicaciones, sea Valencia, porque en muchos puntos de la ciudad se superan los 65 dB(A), que es el nivel máximo recomendado.

1.2.3.2.- Tráfico endurece las sanciones contra la contaminación acústica

En algunas localidades, caso de Petrer (localidad valenciana), los ayuntamientos han impuesto multas de 150 euros, estas sanciones han sido debidas a la manipulación del tubo de escape de algunos ciclomotores procediéndose a la inmovilización del vehículo.

Si los vehículos fueran retirados y depositados en el retén, cada propietario deberá arreglar las irregularidades detectadas, sustituyendo los tubos no homologados por otros homologados de menos decibelios.

El objetivo de esta campaña es conseguir que tanto ciclomotores como motocicletas, no superen los decibelios permitidos.



Fotografía autovía A3 de Madrid.

1.2.3.3.- Desarrollan una nueva barrera acústica para atenuar el ruido del tráfico

Un descubrimiento muy reciente, el cual data del día 13 de enero de 2010, asegura una menor percepción del ruido mediante nuevas pantallas que son más respetuosas con el medio ambiente y más económicas, debido al uso de materiales reciclables.

Incluso, el impacto visual que producen con respecto a las pantallas tradicionales, es menor, puesto que consiste en una serie de dispersores acústicos con huecos entre ellos. En el diseño, ha participado junto con la A.M.A. (Centro de Investigaciones Físicas) y la UPV(Universidad Politécnica de Valencia), la universidad de Salford (Reino Unido).

Hasta la fecha, sus prestaciones se han analizado y evaluado en el laboratorio con resultados satisfactorios para bajas frecuencias, y según algunas fuentes, hace de estas barreras un objeto capaz de estar disponible contra el ruido de tráfico.

Según Vicent Romero-García, investigador del A.M.A.:

“A los picos de atenuación que aparecen debido a la propia disposición periódica de dispersores se añaden picos de atenuación relacionados con las propiedades elásticas y geométricas de cada elemento del sistema”.

Gracias a la disposición de los dispersores, la nueva estructura presenta una menor resistencia al flujo del aire, que conlleva a una disminución de la necesidad de uso de cemento, abaratando los costes.

“Hasta la fecha lo que existía eran estructuras periódicas de sistemas rígidos, en las que los dispersores acústicos eran cilindros de metal o plástico duro, por lo que la onda al incidir era prácticamente reflejada”, “ahora los dispersores presentan propiedades elásticas y cavidades resonantes”, según Romero-García.

Además añade que ahora se pueden diseñar picos de atenuación particularizados, basándose en que no es lo mismo el ruido producido en una vía de tráfico que el producido por una vía de ferrocarril.

1.2.3.4.- Resumen de la situación en España

Los datos disponibles hasta la fecha indican que el principal problema es la falta de interés por la escasez de políticas ambiciosas a favor de la reducción del ruido. Por consiguiente el peligro de exposición al ruido sigue siendo importante, además las previsiones prevén un crecimiento de éste. Todo ello puede ser debido a:

- Aumento de vehículos.
- Aumento del ruido que proviene del tráfico, afectando a más zonas, como las rurales.
- Distribución y uso de maquinaria durante las 24 horas del día.

1.2.4.- Situación en el mundo

En Japón, el tráfico en carretera es una de las principales fuentes de ruido en el entorno japonés. Antes de que las nuevas carreteras fueran construidas, las predicciones de niveles de sonido que eran generadas por el tráfico se hacían con frecuencia. Si las predicciones del nivel del sonido superan los niveles de ruido ambiental, entonces se pasaba a tomar medidas de control que serían adoptadas. Por tanto, muchos métodos utilizados por los japoneses están basados en la estructura vial y de tráfico.

Hyogo National Highway Office del Ministerio Japonés de carreteras, e Infrastructure and Transportation (MLIT), construyeron a principios de la década la primera barrera de ruido con altavoces.

La principal operación de este dispositivo en las nuevas barreras para reducir el ruido de tráfico es generando una especie de anti-sonido o anti-fase.

En una fracción de segundo el dispositivo recoge el ruido con micrófonos y transmite la señal de ruido a un circuito de control con el fin de generar una fase anti-ruido, que se emite a través de unos altavoces específicos para esa función.

Dicha anti-fase contrarresta el ruido y ambos ruidos se eliminan entre sí. El Ministerio Japonés asegura que estos dispositivos han reducido cerca de 4 decibelios en los experimentos llevados a cabo.

Los dispositivos deberán instalarse en la parte superior de las barreras actuales de unos 4.5 metros, MLIT's Instituto Nacional de Carreteras y Gestión de Infraestructuras japonesas, han desarrollado este nuevo dispositivo junto con Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Las nuevas barreras fueron instaladas en el año 2004 en la escuela de Seidou en Ashiya City, se construyeron a lo largo de 150 metros al lado de la carretera, con la intención de que durante la noche no se superaran los 65 decibelios que en aquella zona eran comúnmente superados. Se han elaborado planes oficiales de seguimiento para ver su efecto y parece que todo ello ha dado resultados positivos, aunque en la actualidad se sigue investigando para mejorar su rendimiento.

En el resto del mundo, al igual que en España o en Europa, sufren los mismos problemas de ruido de tráfico, sobre todo en los países con mayor población como es el caso de EEUU. Por ello, también han realizado estudios acerca de cómo reducir dichos ruidos, obteniendo los siguientes resultados:

- Diseño de carreteras.
- Gestión del tráfico.
- Uso de barreras de ruido en aquellos lugares más afectados.

Aunque muchas veces la reducción del ruido puede resultar inviable, debido a los costes financieros que suponen, problemas de estética o simplemente falta de espacio.

- **Gestión de tráfico:** Se toman medidas como pueden ser las limitaciones de velocidad o el impedimento de circulación de camiones en algunas carreteras, son más ruidosos que los coches, sin embargo, si desplazamos los camiones de un lugar a otro, al final sólo se conseguirá trasladar el problema de la autovía a la carretera sin conseguir una solución.

Por ejemplo en Sunnyside Road el nivel de tráfico de camiones no es elevado, por lo que no es factible proceder a una restricción que prohíba su circulación, porque no se conseguiría una reducción de suma importancia.

Existe la posibilidad de reducir la velocidad, eso supondría una reducción notoria en el ruido, pero también supondría una reducción mínima de 10 mph para que tuviera efectos positivos. Por otra parte, las carreteras están diseñadas para soportar grandes velocidades, por lo que no es muy común la reducción de velocidad.

- **Diseño de carreteras:** en lo que concierne al ruido en carreteras, se podrían cambiar de lugar o cambiar la alineación de receptores de ruido, pero esto también puede ser peligroso porque si modificas un receptor, es posible que se perjudique al otro, y el cambio o desviación de carretera supone un coste muy elevado el cual en la mayor parte de los casos supone más gastos que beneficios, caso de Sunnyside Road.

- **Barreras contra el ruido:** consiste en la construcción de barreras acústicas que eviten el paso de sonido, entre las carreteras y los posibles receptores que están al otro lado de éstas. Pero dichas barreras tienen que tener una cierta altura y longitud para que sean eficaces, y en algunas carreteras como es el caso de Sunnyside Road las cuales disponen de muchas entradas y salidas, las paredes del ruido no serían eficaces en la mayor parte de ésta.

1.2.4.1.- Análisis de trayectorias

En otros lugares como en **Kumamoto y Sapporo**, en Japón, y **Gotemburgo**, Suecia, se ha estudiado otro camino en la búsqueda de la solución contra el ruido, describiendo así un análisis en las molestias generadas por el ruido de tráfico mediante las variables endógenas y exógenas. Es decir, se puede estudiar tanto el efecto directo que una variable produce sobre la molestia, como el efecto indirecto de la variable a través de otras variables.

Se obtuvo la siguiente respuesta:

Hay diferencias en cuanto a las estructuras de las molestias producidas por el ruido en Japón y en Suecia, esto puede ser debido a las diferencias en el estilo de vida.

1.3.- Organizaciones nacionales e internacionales relacionadas y empresas trabajando.

A continuación se presenta información acerca de algunas organizaciones tanto nacionales como internacionales que tratan el tema actual del ruido:

- SEA, Sociedad acústica española
- I-INCE, International Institute of Noise control Engineering
- IIAV, International Institute of Acoustics and Vibration

1.3.1.- Sociedad acústica española

Asociación sin ánimo de lucro que se creó en 1969 de acuerdo con la ley de Asociaciones del Ministerio del Interior.

Cuyos objetivos son:

- Promover el progreso de la Acústica en todos sus campos y aspectos, mediante el estudio e información, además de una propuesta de asesoramiento.
- Participar en la evolución y desarrollo de la investigación acústica en la industria, y ayudar en el progreso de las técnicas.
- Perfeccionar técnicas de grabación, reproducción y transmisión del sonido.
- Proteger a las personas contra ruidos y niveles sonoros molestos, buscando métodos eficaces para la reducción de estos.
- Fomentar el trabajo, intercambio de experiencias y otras actividades entre sus miembros.
- Lanzar la ``Calidad total`` en las instalaciones acústicas.

La consecución de estos objetivos se basa en la organización y propuesta de diferentes actividades, como congresos, coloquios, seminarios, conferencias y otras actividades que compartan el mismo fin, la SEA dispone de un departamento de información para poder proporcionar un servicio, además de un medio de difusión ``Revista de Acústica``, con un amplio contenido.

1.3.2.- Campos de actuación

Para buscar alcanzar los objetivos, la asociación se centra en los siguientes campos.

- I + D +i
- Industria
- Tecnología
- Docencia
- Investigación pura y aplicada
- Salud pública
- Medio ambiente
- Comunicación

1.3.3.- I-INCE

El instituto internacional de control de ruido en ingeniería se fundó en 1974. Es un consorcio mundial de organizaciones interesadas en el control del ruido, acústica y vibraciones. El primer punto del Instituto es el de sonidos no deseados y las vibraciones que producen estos. I-INCE es el patrocinador de INTER-NOISE de los congresos que se celebran anualmente en las principales ciudades del mundo sobre el control del ruido en ingeniería.

En 1992 I-INCE instituyó un programa para llevar a cabo iniciativas en temas importantes de interés internacional sobre su campo. Esto dio paso a varios informes sobre los progresos técnicos y además dio lugar a varios grupos de estudio.

I-INCE publica su revista trimestralmente.

1.3.4.- International Institute of Acoustics and Vibration (IIAV)

La propuesta del Instituto Internacional de la Acústica y la Vibración es avanzar la ciencia de la acústica y la vibración mediante la creación de una sociedad científica internacional que responda a las necesidades de los científicos e ingenieros en todos los países cuyos objetivos principales son los campos de la acústica y la vibración. El Instituto coopera con sociedades científicas en todos los países y con otras organizaciones internacionales con el objetivo de aumentar la información mediante los patrocinadores, talleres, congresos, seminarios...

IIAV proporciona una revista de referencia internacional además de un boletín electrónico para los socios.

1.3.5.- OMS – Organización Mundial de la Salud

La Organización Mundial de la Salud, coordina las acciones sanitarias dentro de las Naciones Unidas, siendo ésta, la responsable de llevar a cabo una tarea de liderazgo en los asuntos de competencias mundiales, tendrá como fin establecer normas, apoyar a los países, además de vigilar los avances y tendencias sanitarias en el mundo.

La organización reconoce recientemente el problema del ruido como un peligro para la salud pública, con efectos muy nocivos, considerando a éste como una molestia a la cual hay que poner fin rápidamente debido a que cada vez es más cotidiano.

Informe de la OMS:

En todo el mundo, cerca de 120 millones de personas padecen problemas auditivos invalidantes.

En Europa, más de la mitad vive en un entorno ruidoso y un tercio sufre alteraciones ruidosas durante la noche.

En la década de los 90, cerca de 30 millones de personas se exponían a más de 85 dB diariamente en EEUU.

En Alemania y otros países desarrollados unos 4 o 5 millones de personas están expuestas a estos niveles de ruido.

Una elevada exposición al ruido puede causar hipertensión y cardiopatía isquémica.

Además el ruido puede afectar negativamente en el rendimiento, con posibles problemas de resolución y memoria, así como de atención.

Si se superan los 80 dB puede aumentar la agresividad en el carácter.

Las personas que están expuestas a un nivel medio de **70 dB** no tendrán problemas de audición, algunos adultos pueden llegar a soportar hasta **140 dB** ocasionalmente, pero, en cambio, los niños no deberán exceder los **120 dB**.

Recinto	Efectos en la salud	LA _{eq} (dB)	Tiempo (horas)
Exterior habitable	Malestar fuerte, día y anochecer	55	16
	Malestar moderado, día y anochecer	50	16
Interior viviendas	Interferencia en la comunicación verbal	35	16
Dormitorios	Perturbación del sueño, noche	30	8
Fuera de dormitorios	Perturbación del sueño, ventana abierta	45	8
Aulas de escolar y preescolar, interior.	Interferencia en la comunicación, perturbación en la extracción de información	35	Durante la clase
Dormitorios de preescolar, interior	Perturbación del sueño	30	Horas de descanso
Escolar, terrenos de juego	Malestar (fuentes externas)	55	Durante el juego
Salas de hospitales, interior	Perturbación del sueño, noche	30	8
	Perturbación del sueño, día y noche	30	16
Zonas industriales, comerciales y de tráfico, interior y exterior	Datos al oído	70	24
Ceremonias, festivales y actividades recreativas	Datos al oído (asistentes habituales)	100	4
Altavoces interior y exterior	Datos al oído	85	1
Música a través de cascos y auriculares	Datos al oído (valores en campo libre)	85	1

Tabla 1.1. Efectos provocados por exceso de ruido.

Nivel de presión sonora para algunas fuentes y ambientes acústicos típicos

Fuente	L _p (dB)
Umbral del dolor	120
Discoteca a todo volumen	110
Martillo neumático a 2 m.	105
Ambiente industrial ruidoso	90
Piano a 1 metro con fuerza media	80
Automóvil silencioso a 2 metros	70
Conversación normal	60
Ruido urbano de noche	50
Habitación interior (día)	40
Habitación interior (noche)	30
Estudio de grabación	20
Cámara sonora-amortiguada	10
Umbral de audición a 1 KHz	0

Tabla 1.2. Nivel de presión sonora para algunas fuentes y ambientes acústicos típicos

1.3.6.- Evaluación del impacto de la legislación

Una serie de estudios han demostrado que la reducción real de los ruidos procedentes del tráfico rodado debida a esta legislación (78/1015/CEE) fue mucho menor: apenas 1-2 dB (A). Las razones que explican esta escasa eficacia son: la aplicación de límites más flexibles durante los primeros años, una lenta sustitución de los vehículos más antiguos, un crecimiento significativo del tráfico y las limitaciones en términos de posibilidades de reducción de los ruidos causados por la interacción entre el neumático y el suelo (Sandberg 1993).

Algunos países no comunitarios tuvieron éxito por lo que se refiere a la inspección de los ruidos en el control técnico. En Japón, por ejemplo, se efectúan inspecciones periódicas del ruido de los vehículos que están en circulación, mientras que en algunos estados australianos los vehículos están sujetos a reconocimientos y controles en carretera (OCDE 1991). En Nueva Gales del Sur se comprueban miles de vehículos cada año y se ha logrado a un coste relativamente bajo reducciones medias de emisión de 9 dB (A) ofrezcan las mismas garantías en términos de seguridad y durabilidad.

2.- Legislación y Normativa Técnica

2.1.- Normativa Legal

Desde hace más o menos tiempo se cuenta en nuestro país con diversa normativa básica, aprobada a todos los niveles, que puede guardar relación con la problemática del ruido, como la regulación de actividades clasificadas recogida en el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, la Ley de Bases del Régimen Local, etc..

También las Comunidades Autónomas disponen de competencia para reforzar con medidas legislativas el marco general establecido en la legislación básica estatal y para aprobar normas de carácter sectorial en las distintas materias de su competencia, que abarcan ámbitos muy diversos. Por su parte, los Ayuntamientos cuentan también con Ordenanzas municipales, aprobadas bien directamente, o bien de manera supletoria por las propias Comunidades Autónomas.

Además de estos recursos legales que, en muchos casos, dada su antigüedad, pueden considerarse consolidados, el problema de la contaminación sonora es lo suficientemente importante, por sus implicaciones sobre la calidad de vida, la conservación del entorno y la propia salud, como objeto para que también se haya convertido muy recientemente en especial objeto de preocupación por parte de las instituciones de la Unión Europea y de los propios Estados miembros.

2.1.1.- Directiva 2002/49/CE

Aprobada como norma general, la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental, que constituye un referente básico, coherente e integrado, de la política comunitaria en esta materia.

La norma introdujo medidas que permiten clasificar y comprender los problemas causados por el ruido en sus distintas fuentes y preparar el camino de medidas concretas. A tales efectos, se establecieron indicadores armonizados para medir las molestias causadas por el mismo durante el día (L_{DEN}) y las perturbaciones del sueño (L_{NIGHT}), así como métodos de evaluación, también armonizados. Los Estados miembros podrán proponer los valores límite para los dos tipos de indicadores considerados.

Mediante estos indicadores, los Estados miembros pudieron elaborar, además, mapas del ruido, que son la fuente imprescindible para la elaboración de planes de acción y estrategias de la lucha contra la contaminación acústica a todos los niveles: local, nacional y comunitario.

2.1.2.- Ley 37/2003

En España, para efectuar la transposición de la Directiva comunitaria 2002/49/CE, sobre Ruido Ambiental, el Ministerio de Medio Ambiente aprobó la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido (BOE número 276, de 18.11.2003).

La normativa trata los objetivos de prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica para evitar los riesgos y reducir los daños en la salud humana, los bienes o el medio ambiente, así como con el fin de proteger el derecho a la intimidad de las personas y el disfrute de un entorno adecuado.

La ley aborda el problema ambiental del ruido teniendo en cuenta la percepción y el nivel sonoro que recibe el ciudadano. La norma es de aplicación a todos los emisores acústicos, es decir, actividades, infraestructuras, equipos, maquinarias o comportamientos que generan contaminación acústica, de forma integrada, porque todas las fuentes se deben considerar conjuntamente. Además, por primera vez, se establecieron parámetros comunes sobre la contaminación acústica para todo el territorio nacional (índices acústicos).

Como se dijo anteriormente, los mapas de ruido son un elemento previsto por la Directiva comunitaria sobre Ruido Ambiental para disponer de información uniforme sobre los niveles de contaminación acústica en los distintos puntos del territorio, necesaria para fijar objetivos de calidad y adoptar los planes de acción que correspondan.

El Gobierno fijó objetivos de calidad acústica para cada una de las zonas, según los distintos usos del suelo (residencial, industrial, recreativo y de espectáculos, sanitario y docente, con infraestructuras de transporte o equipamientos públicos y espacios naturales, etc.), y fueron establecidos los objetivos de calidad en los espacios interiores habitables de las edificaciones. También se instauraron planes de acción tomando como base los resultados de los mapas de ruidos.

La ley también define y regula determinadas figuras específicas, como las son las denominadas zonas de servidumbre acústica, zonas tranquilas en las aglomeraciones y

zonas tranquilas en campo abierto. Además, para corregir la contaminación acústica se estudiaron las condiciones para la declaración, por la Administración pública competente, de las zonas de protección acústica especial, para los que se elaborarán planes zonales de mejora progresiva, y de las zonas de situación acústica especial, donde se aplicarán medidas correctoras específicas.

La planificación y el ejercicio de competencias estatales, generales o sectoriales, que incidan en la ordenación del territorio, la planificación general territorial, así como el planeamiento urbanístico, deberán tener en cuenta las previsiones establecidas en la ley, en las normas dictadas en su desarrollo y en las actuaciones administrativas realizadas en ejecución de aquéllas.

Por lo que se refiere al calendario de aplicación de la ley, según la disposición adicional primera de la misma, los mapas de ruido deberán de estar aprobados:

- a) Antes del día 30 de junio de 2007, los correspondientes a cada uno de los grandes ejes viarios cuyo tráfico supere los seis millones de vehículos al año, de los grandes ejes ferroviarios cuyo tráfico supere los 60.000 trenes al año, de los grandes aeropuertos y de las aglomeraciones con más de 250.000 habitantes.
- b) Antes del día 30 de junio de 2012, los correspondientes a cada uno de los restantes grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios y aglomeraciones.

Por su parte, los planes de acción en materia de contaminación acústica habrán de estar aprobados:

- a) Antes del día 18 de julio de 2008, los correspondientes a los ámbitos territoriales de los mapas de ruido a los que se refiere el párrafo a) del apartado anterior.
- b) Antes del día 18 de julio de 2013, los correspondientes a los ámbitos territoriales de los mapas de ruido a los que se refiere el párrafo b) del apartado anterior.

2.1.3.- RD 1513/2005

La Ley del Ruido se desarrolla mediante el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental (BOE núm. 301, de 17.12.2005), norma que completa la incorporación al ordenamiento español de la Directiva 2002/49/CE. Se trata de un desarrollo parcial de la Ley del Ruido, puesto que ésta abarca la contaminación acústica producida no sólo por el ruido ambiental, sino también por las vibraciones y sus implicaciones en la salud, bienes materiales y medio ambiente, en tanto que el real decreto sólo comprende la contaminación acústica

derivada del ruido ambiental y la prevención y corrección, en su caso, de sus efectos en la población.

De acuerdo con su artículo 2 del real decreto se aplicará al ruido ambiental al que estén expuestos los seres humanos, en particular, en zonas urbanizadas, en parques públicos u otras zonas tranquilas de una aglomeración, en zonas tranquilas en campo abierto, en las proximidades de centros escolares, en los alrededores de hospitales, y en otros edificios y lugares vulnerables al ruido; pero, siguiendo con el mismo artículo, no se aplicará al ruido producido por la propia persona expuesta, por las actividades domésticas, por los vecinos, en el lugar de trabajo ni en el interior de medios de transporte, así como tampoco a los ruidos debidos a las actividades militares en zonas militares, que regirán por su legislación específica.

Para el cumplimiento de su objeto se regulan determinadas actuaciones, como son la elaboración de mapas estratégicos de ruido para determinar la exposición de la población al ruido ambiental, la adopción de planes de acción para prevenir y reducir el ruido ambiental y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana, así como poner a disposición de la población la información sobre el ruido ambiental y sus efectos y aquella de que dispongan las autoridades en relación con el cartografiado acústico y los planes de acción derivados en cumplimiento del mismo.

En el anexo V del Real Decreto 1513/2005 se establecen los requisitos mínimos de los citados planes de acción frente a la contaminación por ruido ambiental, a elaborar por las administraciones competentes antes del 18 de julio de 2008.

2.1.4.- RD 1367/2007

El desarrollo de la Ley del Ruido se completa mediante el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, norma que ha sido aprobada a propuesta de los Ministerios de Medio Ambiente y de Sanidad y Consumo (BOE núm. 254, de 23.10.2007).

En el citado real decreto se definen índices de ruido y de vibraciones, sus aplicaciones, efectos y molestias sobre la población y su repercusión en el medio ambiente; se delimitan los distintos tipos de áreas y servidumbres acústicas definidas en el artículo 10 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre; se establecen los objetivos de calidad acústica para cada área, incluyéndose el espacio interior de determinadas edificaciones; se

regulan los emisores acústicos fijándose valores límite de emisión o de inmisión así como los procedimientos y los métodos de evaluación de ruidos y vibraciones.

En este sentido, el capítulo I, Disposiciones generales, contiene una serie de definiciones necesarias para la correcta aplicación de esta norma, de carácter marcadamente técnico.

El capítulo II establece los índices para la evaluación del ruido y de las vibraciones, en los distintos períodos temporales de evaluación, de los objetivos de calidad acústica en áreas acústicas o en el espacio interior de edificaciones y de los valores límite que deben cumplir los emisores acústicos. En el anexo I se incluye la definición de cada uno de ellos.

En el capítulo III se desarrolla la delimitación de las áreas acústicas atendiendo al uso predominante del suelo, en los tipos que determinen las comunidades autónomas, y por otra parte, se desarrolla la regulación de las servidumbres acústicas. Además se prevé que los instrumentos de planificación territorial y urbanística incluyan la zonificación acústica y se establecen objetivos de calidad acústica aplicables a las distintas áreas acústicas y al espacio interior habitable de las edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales. En el anexo II se fijan los valores de los índices acústicos que no deben superarse para el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica en áreas urbanizadas existentes.

El capítulo IV regula el control de las emisiones de los diferentes emisores acústicos, incluidos los vehículos a motor, para los que se prevé, además, un régimen específico de comprobación de sus emisiones acústicas a vehículo parado. Asimismo, se fijan en el anexo III los valores límite de inmisión de ruido aplicable a las infraestructuras nuevas viarias, ferroviarias y aeroportuarias, así como a las infraestructuras portuarias y a actividades. La disposición adicional segunda establece las actividades e infraestructuras que tienen la consideración de nuevas.

El capítulo V regula las condiciones de uso respecto de los objetivos de calidad acústica de los métodos de evaluación de la contaminación acústica, así como el régimen de uso de los equipos de medida y procedimientos que se empleen en dicha evaluación. El anexo IV fija los métodos de evaluación para los índices acústicos definidos en este real decreto.

Por último, la regulación de mapas de contaminación acústica se contiene en el capítulo VI, en aplicación de la habilitación prevista en el artículo 15.3 de la Ley del Ruido.

2.1.5.- Documento Básico de Protección frente al Ruido

Documento que recoge las reglas y procedimientos necesarios para cumplir las exigencias mínimas de protección frente al ruido. Todo ello se recoge en el artículo 14 el cual dice lo siguiente:

Este documento trata de limitar dentro de los edificios y en condiciones normales, el peligro de molestias o enfermedades causadas por el ruido.

Por lo tanto, los edificios deberán proyectarse y construirse de forma que los elementos constructivos que constituyen sus recintos, tengan las características adecuadas para minimizar la transmisión de ruidos exteriores. El documento básico de protección frente al ruido especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación, cuyo cumplimiento conlleva satisfacción frente a las exigencias básicas y frente a los niveles exigidos de calidad.

Se deberán cumplir las siguientes exigencias del CTE:

- Alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos.
- No superarse los valores límite de tiempo de reverberación establecidos.
- Cumplirse todas y cada una de las especificaciones referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.

En cuanto a diseño y dimensionado se refiere, existen dos opciones, simplificada o general.

La opción simplificada es válida para edificios de uso residencial, pero, también puede ser válida para edificios de otros usos, ya que el aislamiento obtenido puede ser mayor.

Otro uso característico de la opción simplificada es en edificios con una estructura horizontal resistente.

Por su parte, la opción general contiene un procedimiento de cálculo basado en el modelo simplificado para la transmisión acústica estructural de la UNE EN 12354.

Tabla con valores límite de dB(A)

L _d dB(A)	Uso del edificio			
	Residencial y sanitario		Cultural, docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
L _d ≤ 60	30	30	30	30
60 < L _d ≤ 65	32	30	32	30
65 < L _d ≤ 70	37	32	37	32
70 < L _d ≤ 75	42	37	42	37
L _d > 75	47	42	47	42

Tabla 2.1. Valores límite permitidos en los recintos.

L_d es el valor del índice del ruido al día que será proporcionado por las administraciones competentes, o en mapas de ruido. Si por alguna razón no se dispone de dicho valor, se tomará por defecto el valor de 60 dB(A).

Ruidos y vibraciones

Se limitarán los niveles de ruidos y vibraciones que las instalaciones puedan transmitir a los recintos protegidos y habitables del edificio a través de las sujeciones o puntos de contacto de aquellas con los elementos constructivos, de tal forma que no se aumenten perceptiblemente los niveles debidos a las restantes fuentes de ruido del edificio.

En el proyecto se definirán y justificarán las características técnicas mínimas que deben reunir los productos, así como las condiciones de ejecución de cada unidad de obra, con las verificaciones y controles especificados para comprobar su conformidad con lo indicado en dicho proyecto, según lo indicado en el CTE.

2.1.6.- Autonómicas

A pesar de la normativa existente la cual concierne a toda España, cada comunidad es libre de decretar nuevas normativas según las necesidades que haya detectado. Por ello, todas las comunidades autónomas tienen sus propios decretos.

En este documento se analiza el ``Reglamento de Ruido de Vehículos en Valencia``.

2.1.6.1.- Reglamento de Ruido de Vehículos en Valencia

La contaminación acústica se ha convertido en uno de los problemas medioambientales más importantes en la actualidad y, en particular, en la Comunitat Valenciana, los estudios realizados indican la existencia de unos niveles de ruido por encima de los límites máximos declarados admisibles por organismos internacionales y por la Unión Europea.

El tráfico rodado de automóviles, vehículos pesados y motocicletas es la fuente de ruido predominante y más extensiva. Ello se debe al aumento que ha experimentado el parque automovilista en el curso de los últimos años y al hecho de que, en general, las ciudades por donde circulan dichos vehículos no han sido concebidas, en muchos casos, para soportarlos. Esta situación queda agravada por la concentración de la población en las grandes áreas urbanas y la insuficiente insonorización de los edificios.

Con objeto de reducir el impacto sonoro que los vehículos originan, la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat, de Protección Contra la Contaminación Acústica, en la sección primera del capítulo V del título IV, regula el control del ruido, en particular, el producido por los vehículos a motor, estableciendo que el nivel de ruido emitido por éstos se considerará admisible siempre que no rebase los límites establecidos reglamentariamente para cada tipo, en las condiciones de evaluación que igualmente se establezcan al efecto.

Asimismo, establece que los centros de inspección técnica de vehículos comprobarán el nivel de emisión sonora de los vehículos y que, a tal efecto, se habilitarán las instalaciones y dispondrán los instrumentos necesarios para llevar a cabo las comprobaciones de emisión acústica por los procedimientos que reglamentariamente se determinen. La Ley prevé igualmente que los agentes de vigilancia del tráfico rodado formularán denuncias por infracción de lo dispuesto en la misma, cuando comprueben, con los aparatos medidores de ruido y mediante el procedimiento que se establezca reglamentariamente, que el nivel de ruido producido por el vehículo rebasa los límites en las condiciones de evaluación que se establezcan a tal efecto.

Posteriormente, el Decreto 19/2004, de 13 de febrero, del Consell, por el que se establecen normas para el control del ruido producido por los vehículos a motor, desarrolló parcialmente la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat, de Protección Contra la Contaminación Acústica, en particular, en lo relativo al establecimiento de los niveles máximos de emisión acústica admisibles para los vehículos a motor, y a los procedimientos de medición de los mismos en la Comunitat Valenciana. En este sentido, la Comunitat Valenciana fue pionera en incluir la comprobación sonora en las

revisiones periódicas de los vehículos realizadas en las estaciones ITV. Tanto es así que la comprobación sonora se extiende a los ciclomotores.

En este ámbito, de acuerdo con el citado Decreto, desde el 19 de agosto de 2004, tras un plazo de adaptación al mismo de seis meses, las estaciones ITV de la Comunitat Valenciana están llevando a cabo la comprobación del ruido producido por los vehículos a motor, cuyo permiso de circulación radica en un municipio de la Comunitat Valenciana, y pertenezcan a las categorías siguientes: ciclomotor, motocicleta, cuadriciclo, turismo, vehículo mixto, autobús, camión y tractocamión. La experiencia adquirida con el transcurso del tiempo conlleva la necesidad de modificar y normalizar aquellos aspectos del Decreto 19/2004 que no fueron suficientemente desarrollados en su momento, entre otros, la adecuación de su ámbito de aplicación a la terminología y categorías de vehículos manejadas por las directivas europeas en la materia.

Modificación del Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell.

Se modifica el apartado 5 del artículo 4 del Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica, que queda redactado en los siguientes términos:

5. De acuerdo con lo establecido en el artículo 4 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en relación con su disposición adicional primera, se establece la siguiente distribución de competencias en el ámbito de la Comunitat Valenciana:

- a) Corresponde a los Ayuntamientos de más de 100.000 habitantes:
- La elaboración, revisión y aprobación de los mapas de ruido estratégicos y la correspondiente información al público.
 - La delimitación del área o áreas acústicas integradas en tales mapas.
 - La elaboración del plan de acción en materia de contaminación acústica correspondiente a cada mapa estratégico de ruido, así como su aprobación y revisión en los términos y plazos establecidos en la normativa básica estatal.
 - La ejecución de las medidas previstas en el plan.

- b) En relación con las infraestructuras viarias y ferroviarias cuya competencia sea local o autonómica, corresponde al órgano de la corporación local correspondiente, o al autonómico con competencias en materia de ordenación de las infraestructuras consideradas grandes ejes viarios y grandes ejes ferroviarios:
- La elaboración, revisión y aprobación de los mapas estratégicos de ruido y la correspondiente información al público.
 - Cuando le corresponda, la elaboración de la restante información a que se refiere el artículo 14.1 del Real Decreto 1513/2005, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, así como su remisión al órgano autonómico competente en materia de medio ambiente.
 - La delimitación de las zonas de servidumbre acústica y las limitaciones derivadas de dicha servidumbre.
 - La delimitación del área o áreas acústicas integradas en tales mapas.
 - La elaboración del plan de acción en materia de contaminación acústica correspondiente a cada mapa estratégico de ruido.
 - La ejecución de las medidas previstas en el plan.
- c) Corresponde al órgano autonómico competente en materia de medio ambiente:
- La emisión de informe previo a la aprobación de los planes de acción por parte del órgano competente.
 - La suspensión provisional de los objetivos de calidad acústica aplicables en un área acústica.

Destacar el artículo 4: **Valores límite de emisión sonora**

La idea principal es la que dictamina el límite de emisión para cada vehículo, los cuales se obtienen sumando 4 dB al nivel de emisión sonora fijado en la ficha de homologación del vehículo, para el ensayo estático.

2.1.7.- Ordenanza Municipal

En este documento se analiza la ``Ordenanza Municipal Sobre Medida y Evaluación de Ruidos Perturbadores Producidos Por Ciclomotores, Motocicletas y Análogos´´.

2.1.7.1.- Reglamentación de Granada referente a ciclomotores y motocicletas

Límites máximos de emisión sonora de los vehículos en circulación

Cilindrada en cc.	Límite en dB(A)
<80	75
>80 y <175	77
>175	80

Tabla 2.2. Límites máximos de emisión sonora.

Límites de evaluación de emisiones sonoras a vehículo parado

Cilindrada en cc.	Límite en dB(A)
<80	96
>80 y <175	98
>175	101

Tabla 2.3. Límites máximos de emisión sonora.

2.1.7.2.- Instrumentación de medida

Se utilizarán sonómetros de tipo 1, todos ellos según la norma UNE-EN-60-651, que se basa en la Norma de la Comisión Eléctrica Internacional 651:1979.

Para aquellas mediciones realizadas en la vía pública se utilizarán sonómetros de tipo 2, y en el caso de haberse procedido a la retirada del vehículo, una vez esté el vehículo en el depósito se procederá a repetir la medición mediante un sonómetro de tipo 1.

El sonómetro deberá estar siempre calibrado, es decir, se ejecutará una calibración de éste antes y después de cada serie de mediciones. Si el valor obtenido en los calibrados difiere en más de 1dB(A) del valor correspondiente en su calibrado anual, la prueba no será válida.

2.1.8.- Directivas Comunitarias

El objetivo de las Directivas comunitarias es establecer una normativa comunitaria relativa a las molestias sonoras de los vehículos basada en la armonización total.

Directivas que tienen relación con los vehículos a motor y remolques:

- Directiva **70/157/CEE** del Consejo, de 6 de febrero de 1970, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el nivel sonoro admisible y el dispositivo de escape de los vehículos de motor.
- Directiva **73/350/CEE** de la Comisión de 7 de noviembre de 1973.
- Directiva **77/212/CEE** del Consejo de 8 de marzo de 1977.
- Directiva **81/334/CEE** de la Comisión de 13 de abril de 1981.
- Directiva **84/372/CEE** de la Comisión de 3 de julio de 1984.
- Directiva **84/424/CEE** del Consejo de 3 de septiembre de 1984.
- Directiva **87/354/CEE** del Consejo de 25 de junio de 1987.
- Directiva **89/491/CEE** de la Comisión de 17 de julio de 1989.
- Directiva **92/97/CEE** del Consejo de 10 de noviembre de 1992.
- Directiva **96/20/CE** de la Comisión de 27 de marzo de 1996.
- Directiva **97/24/CE** del Parlamento europeo y del Consejo de 17 de junio 1997.
- Directiva **99/101/CE** de la Comisión de 15 de diciembre de 1999.
- Directiva **2007/34/CE** de la Comisión de 14 de junio de 2007.

Las Directivas nombradas se aplican a todo vehículo de motor destinado a circular por carretera, con o sin carrocería, con un mínimo de cuatro ruedas y una velocidad máxima de fabricación superior a 25 km/h, con excepción de vehículos que se desplazan sobre raíles, los tractores agrícolas y forestales y los equipos mecánicos móviles.

2.2–Normativa técnica

2.2.1.- ISO

International Organization for Standardization, es decir, Organización Internacional de la Normalización, es una federación mundial de organismos nacionales de normalización. El trabajo para preparar normativas internacionales normalmente se lleva a cabo mediante comités técnicos pertenecientes a dicha organización.

Por su parte, cada organismo que esté interesado en un tema el cual ha sido establecido por un comité técnico, tiene derecho a tener representación en dicho comité. La principal tarea de estos comités es la preparación de normas internacionales.

A continuación se tratarán las más destacables en cuanto al ruido generado por tráfico se refiere.

2.2.1.1.- ISO 362-1:2007

Esta norma especifica un método de ingeniería para la medida del ruido emitido por los vehículos de categorías M y N en las condiciones normales de tráfico. Así misma, excluye a vehículos de categoría L1 y L2 que están respaldados por la norma ISO 9645, mientras que los vehículos L3 y L4 están cubiertos por la norma ISO 362-2.

Las normas ISO tienen como finalidad reproducir el nivel de ruido generado por la fuente principal de ruido en condiciones normales, el tráfico urbano.

El método está diseñado para conocer los requerimientos de la simplicidad en la medida en que estos sean coherentes con la reproducibilidad de los resultados obtenidos en las condiciones de funcionamiento del vehículo.

Cabe recordar que ha de realizarse en un ambiente acústico adecuado, obtenido únicamente en espacios abiertos.

2.2.1.2.- ISO 362-2:2009

Esta parte de la ISO 362 habla del método de medida del ruido generado por los vehículos de categorías L3, L4 y L5 en condiciones normales de tráfico urbano.

Las especificaciones están destinadas a reproducir el nivel de ruido generado por las fuentes principales de ruido durante una conducción normal, en carreteras cuyos límites de velocidad estén entre 50 km/h y 70 km/h.

Como todas las normas ISO, el método aplicado requiere un espacio abierto y extenso, dichas condiciones están normalmente establecidas por:

- Mediciones de homologación de un vehículo.
- Mediciones en la fase de fabricación.
- Mediciones en estaciones oficiales de control.

Las siguientes referencias son indispensables para la aplicación del documento:

- **ISO 4106**, motocicletas.
- **ISO 6726** ciclomotores y motocicletas con dos ruedas.
- **ISO 7117**, motocicletas- método de medidas para determinar la velocidad máxima.
- **ISO 10844**, acústica.
- **IEC 60942**, electroacústica.
- **IEC 61672-1**, electroacústica, especificaciones.
- **ISO/IEC** guía 98-3:2008.

2.2.1.3.- ISO 5130:2007

La norma desarrolla un procedimiento de medida del nivel de presión del sonido, fue desarrollado para ser usado en la evaluación del nivel de presión del sonido en el rendimiento de los vehículos de carretera en las proximidades del sistema de escape.

El método está destinado a la comprobación de vehículos en uso y también para determinar las variaciones de sonidos de escape que puedan producirse por:

- El desgaste, la inadaptación o la modificación de determinados componentes, cuando el defecto no es perceptible visualmente.

Es posible determinar algunas de estas variaciones comparando las mediciones con medidas de referencia hechas en condiciones similares, por ejemplo, durante la homologación del vehículo.

Algunas normativas indispensables que sirvieron como referencia a la hora de elaborar la ISO 5130:2007:

-ISO 5725

-IEC 60942

-IEC 61672-1

-ISO Guía 98

2.2.2.- UNE-EN-ISO

Las siguientes normas UNE hacen referencia al ruido de tráfico:

2.2.2.1.- UNE 74156:1994

-Acústica. Medida del ruido emitido por los ciclomotores de dos ruedas en movimiento. Método de peritaje.

2.2.3.- Nordtest

El método Nordtest establece procedimientos de medida para el ruido generado por el tráfico rodado, dentro y fuera de los edificios y en lugares abiertos, con tráfico y condiciones ambientales específicas. La precisión es como la de un método de ingeniería basado en la norma ISO. El método tiene como principal objetivo obtener niveles de ruido producidos en la refracción atmosférica.

Las mediciones llevadas a cabo mediante este método, muestran como principal resultado la ponderación total de la energía equivalente del nivel de presión acústica. Además permite la medición de niveles máximos de presión acústica ponderada.

El método describe como realizar la medida de nivel de ruido para una posición dada en un proceso bien definido, además de cómo realizar una medición eficiente y simultánea del nivel de ruido generado por el tráfico con las distintas posiciones del micrófono de medida.

El tráfico rodado frecuentemente se calcula de acuerdo con ``Road traffic noise, Nordic prediction method'', es decir, el método nórdico de medida, pero hay veces que este cálculo se considera insuficiente, por lo tanto, las mediciones del ruido generado por el tráfico se realizan mediante el método NORTEST.

Esta situación se puede dar por ejemplo, cuando las condiciones topográficas son adversas, cuando el sonido refleja en diversos objetos, o cuando los edificios ejercen de pantalla.

El método es de gran utilidad para comprobar que se cumplen los límites de ruido establecidos, y también es aplicable para evaluar el efecto de las medidas de mitigación de ruido.

Tanto el método Nordtest como el método de medición de los países nórdicos, se han diseñado de manera que la medición y cálculo de los límites de ruido tiene que ser el mismo en ambos. Sin embargo, en posiciones lejanas a las carreteras, existe una tendencia en la cual el nivel de ruido calculado tiende a ser mayor que cuando las mediciones se realizan en condiciones ambientales con refracción atmosférica baja.

3.- Fuentes de ruido en vehículos

A continuación se analizan las principales fuentes de ruido del tráfico rodado, como automóviles, motocicletas y camiones.

El ruido causado por el tráfico depende fundamentalmente de los ruidos de los motores y del contacto de las ruedas con la calzada. Los camiones, motos y autobuses son los vehículos que más ruido generan. Un camión provoca un ruido equivalente al de aproximadamente diez o quince coches, dicho ruido empieza a ser molesto a partir de los 55dB.

Definición de ruido

El ruido de tráfico está definido como un sonido indeseado transmitido a través del aire o de otro medio. A su vez, el sonido está definido como una variación de presión (en el aire, agua u otro medio) la cual el oído humano es capaz de detectar. El ruido es complejo y es complicado determinar su impacto exacto.

Por su parte, las personas responden al ruido como cualquier persona responde a los factores medioambientales, y esto, es muy variable. Por esta razón, es muy difícil predecir la respuesta individual de cada uno. La percepción del ruido en las personas es subjetiva, no objetiva. A niveles altos de exposición frente al ruido, existen muchos individuos los cuales no tienen molestias, mientras que, por otro lado, existen personas las cuales sienten molestias con bajos niveles de ruido.

Se diferencia entre **tráfico local** (pulsante, complejo, con influencia de sucesos individuales, se propaga en un medio normalmente reverberante...) y **tráfico de carretera en infraestructuras** (continuo, de espectro fijo...)

El ruido de tráfico es el resultado de la contribución de diferentes fuentes individuales de ruido (automóviles, camiones, autobuses, motos, etc.) todas ellas con espectros y características de emisión diferentes. Éste suele ser una fuente lineal y continua excepto en vías de escaso tráfico (pulsante).

Existen siete factores de los cuales depende el ruido generado por el tráfico rodado en una carretera:

- 1) Volumen de tráfico (intensidad de vehículos)
- 2) Velocidad media del tráfico (normalmente representada con un poste de límite de velocidad).

- 3) Composición del tráfico (es decir, el porcentaje de vehículos pesados).
- 4) La pendiente de la carretera.
- 5) Tipo de pavimento de las carreteras y la textura de la superficie.
- 6) Condiciones de conducción.
- 7) Ruido individualizado de cada vehículo.

3.1.- Ruido en vehículos

El ruido de un vehículo en circulación es el resultado de la superposición de los diversos ruidos producidos por el motor, sistemas de transmisión, neumáticos, sistemas de escape, etc.

El diseño sonoro se ha convertido en un factor adicional de gran importancia para los fabricantes de coches. El mercado es cada vez más exigente, además de seguridad, velocidad, confort y ahorro, en la actualidad, se demandan vehículos más silenciosos. Laboratorios especializados ofrecen soluciones a esta necesidad de confort sonoro de las marcas, ensayando componentes que reduzcan el ruido, las vibraciones y la contaminación acústica.

En particular el equipo de ingenieros del Centro Tecnológico de la Automoción de Galicia trabaja en el análisis y el diseño de la sonoridad de los vehículos, una labor debida al encargo realizado por diferentes marcas. Se ayudan de herramientas como:

- Software específico para el diseño de mapas acústicos, localización de fuentes de ruido y análisis de la frecuencia de este ruido.
- Sondas para la medición de potencia acústica y la intensidad sonora.
- Tecnología para ensayos de transmisión y absorción acústica.

Un vehículo a motor no constituye una fuente de ruido única, sino que en él está presente un número bastante elevado de ellas:

- Motor del vehículo.
- Dispositivos de admisión de aire.
- Sistema de expulsión de los gases de combustión.
- Sistema de transmisión (caja de cambios, ejes de tracción, etc.).
- Sistema de frenos.

- Vibraciones de la carrocería.
- Vibraciones de la carga transportada.
- Rodadura de los neumáticos sobre la superficie de la calzada.

La importancia relativa de cada una de estas fuentes en el conjunto depende fundamentalmente del tipo de vehículo considerado y de sus condiciones de utilización.

Según los expertos de **ruidos** producidos por los vehículos, los más importantes son los **de rodadura** que se acentúan con la velocidad, hasta ahora como solución para combatir este tipo de contaminación acústica se utilizaba un pavimento con especiales características que redujese la intensidad sonora originada por el rozamiento del vehículo con la calzada.

Gracias a los avances en la tecnología, se ha conseguido mejorar la detección de la fuente del ruido, tanto en el exterior como en el interior del habitáculo, **ruido aerodinámico, del motor, del tubo de escape...** Así la solución a los problemas acústicos pasa ahora por actuaciones simples como el uso de aislantes entre el habitáculo y el emisor del ruido, o muy complejas, como llegar a modificar el diseño del coche para subsanar el problema.

Teniendo en cuenta el nivel de ruido que generan los coches, se puede asegurar que estos producen una contaminación sonora poco agradable, y que dicha contaminación acústica es un problema que se debe resolver, en cambio, algunos ven en la solución de este problema nuevos peligros ligados a los coches demasiado silenciosos. Se basan en las siguientes afirmaciones:

- El ruido de un coche al circular aumenta progresivamente con la velocidad que le imprimimos, si este ruido disminuye no tendremos la sensación de velocidad, y por tanto pisaremos más a fondo el acelerador sin darnos cuenta.
- Otro problema será la desaparición de la información que nos transmite el ruido de los otros vehículos, llegando a un cruce, el ruido nos hacia extremar la atención pues nos indica que otro coche se acerca.
- El último inconveniente afecta directamente a los peatones, con coches muy silenciosos puede ocurrir al cruzar calles o carreteras, que estos no se den cuenta de que un coche está próximo, con el consiguiente riesgo de atropello.

Pero a pesar de las contradicciones que se puedan hallar inicialmente, las personas deben acostumbrarse al silencio de los automóviles, porque dentro de pocos años, serán todos extremadamente silenciosos, coches de hidrógeno, eléctricos...

3.1.1.- Motores de combustión interna (MCI)

Se entiende por ruido de MCI la emisión acústica que éste produce durante el trabajo, los principales componentes del ruido del motor son:

- El ruido de admisión.
- El ruido generado por la deformación de las paredes de la cámara de combustión durante la compresión, combustión y expansión.
- El ruido durante la combustión.
- El ruido provocado por las oscilaciones del motor sobre la suspensión.
- El ruido por golpes durante el trabajo de los mecanismos.
- El ruido por el funcionamiento de agregados del motor y el ruido durante el escape de los gases.

Para reducir los ruidos mencionados anteriormente, se pueden aplicar los siguientes procedimientos:

- Colocar silenciadores.
- Colocar materiales que absorben la energía de las oscilaciones.
- Encapsular el motor y reducir la eficiencia de la emisión mediante elementos aislados exteriores de la estructura, (pantallas).

3.1.2.- Ruido aerodinámico

Es el ruido que se produce en los automóviles, con mayor tendencia en los de gama baja, al superar ciertas velocidades generalmente comprendidas entre los 100 km/h y los 140 km/h. No supone un problema en el rendimiento del coche, pero sí disminuye el confort de éste, ya que en algunas ocasiones puede llegar a resultar muy incómodo.

3.1.3.- Ruido de rodadura

Es el ruido producido por la interacción entre las ruedas y la superficie de la carretera, es frecuente para velocidades altas y potencias de motor bajas, para el tráfico por carretera.

Los niveles de presión sonora producidos por la rodadura dependen de la velocidad del vehículo. Para la mayoría de los neumáticos, el nivel de presión sonora aumenta entre 10 y 12 dB(A) al duplicar la velocidad.

En calzadas con irregularidades importantes (baches, adoquines, etc.) el ruido es originado por las vibraciones de la carrocería y la carga de los vehículos.

3.1.4.- Factores de los que depende el ruido de tráfico

Como se ha mencionado en la primera parte de este capítulo, existen distintos factores de los cuales depende el ruido generado por el tráfico rodado en una vía de circulación:

Tráfico: se define por los siguientes parámetros:

- Intensidad de vehículos que cuantifica la fuente de ruido, y por tanto, su emisión.
- Tipos de vehículos, el ruido producido por automóviles es diferente al producido por los camiones, sus niveles son inferiores y su espectro es distinto. En algunos casos los vehículos pesados se dividen a su vez en dos tipos de vehículos (pesados y semipesados).
- Velocidad de circulación, influye de forma importante en la emisión, ya que a velocidades bajas el foco predominante es el ruido del motor, mientras que a velocidades altas predomina el ruido de rodadura. La velocidad a la que se produce este cambio de foco predominante se sitúa en torno a los 60 km/h para los vehículos ligeros y en torno a 70-80 km/h para los pesados.
- Tipo de flujo, se diferenciará entre tráfico urbano y tráfico por carretera
 - Tráfico Urbano: caracterizado por velocidades bajas con arranques y paradas como consecuencia de semáforos, cruces, pasos de peatones, etc.
 - Tráfico por carretera: caracterizado por su alta velocidad, fluido en general, en marchas altas.
 - Autopistas o autovías: Más de un carril por sentido, velocidad de circulación muy alta y, en general, constante y características de tráfico muy uniformes
 - Carreteras de un único carril por sentido: Velocidad alta, pero no constante, debido a su trazado.

Tipo de vía:

- Pendiente, modifica las condiciones de marcha de los vehículos y por tanto su emisión.

- El tipo de pavimento, la emisión debida a la rodadura depende del tipo de pavimento.
- Su estado de conservación.
- Otros aspectos:
 - Número de carriles.
 - Dimensiones de los arcenes y medianas, etc.

3.1.5.- Fuentes de ruido en el transporte y soluciones

El ruido de tráfico proviene de los diferentes componentes y procesos de los vehículos, por consiguiente, las fuentes de ruido en la carretera se pueden dividir en el ruido de propulsión (motor, tren motriz, escape y de admisión), el ruido aerodinámico y el ruido de rodadura que se deriva del contacto entre los neumáticos y la superficie de la carretera.

Un problema local...

Los grupos de tráfico en una campaña de ruido, en general, se establecen en torno a una cuestión concreta, como un nuevo camino, un enlace de tren o un aeropuerto. Por el momento, las autoridades locales o municipales, y por lo tanto los contribuyentes, terminan siendo los responsables de la búsqueda de soluciones del ruido. Las pantallas acústicas, las paredes y el aislamiento son extremadamente costosos y sólo alivian el malestar de aquellas personas que están detrás de esa pared o en edificios protegidos. Mientras tanto, el tráfico va en aumento, y en las carreteras hay una tendencia para conseguir el vehículo más potente, siendo éste el que más ruido genera normalmente.

Complementariamente, las medidas locales de prevención del ruido deberán incluir: zonas ambientales o zonas de baja emisión (con restricciones de acceso para vehículos pesados), la conducción nocturna o la prohibición de vuelos, los límites de velocidad reducida y gestión de la demanda de transporte, incluida la promoción del uso de transporte público, la bicicleta y el caminar. Además de reducir el ruido, estas medidas también son beneficiosas en la reducción de agentes contaminantes del aire, los accidentes y el desgaste de las infraestructuras.

3.2.- Soluciones europeas

Igual que con las emisiones de gases nocivos al medio ambiente, la UE puede establecer normas de ámbito europeo para mejorar el impacto sonoro generado por los vehículos. Inicialmente la iniciativa sobre la reducción del ruido resultó ser muy eficaz, estudiando así la posibilidad de establecer nuevas normas estrictas las cuales afectarían sobre todo a los nuevos vehículos que emitirían menor cantidad de decibelios. La política de la unión de ruido incluye límites de emisión de ruido en los procedimientos de homologación de los neumáticos y vehículos a motor, dichos límites son cada vez más restrictivos con la finalidad de reducir el número de personas expuestas a niveles de ruido que pudieran tener efectos nocivos sobre la salud o bienestar.

El Programa sobre el ruido para la Innovación del Gobierno neerlandés (IPG) ha calculado que por cada decibelio de ruido reducido en las fuentes de ruido, se ahorrará 100 millones de euros en gastos de reparación, tales como búsqueda de soluciones en pantallas acústicas o el aislamiento acústico de los edificios. Aunque de momento, esta cifra solo tiene en cuenta carreteras interurbanas principales y vías férreas. Es decir, que el ahorro sería mayor a medida que el ruido se fuera reduciendo también en zonas urbanas u otras regiones.

La Unión Europea está comprometida con el principio de quien contamina paga, los costes impuestos a la sociedad por el tráfico, por tanto, deben ser sufragados por los usuarios, en lugar de por los residentes, las autoridades locales, o los servicios de la salud. Los impactos del ruido de tráfico se deben incluir en la base de costes de cobro por el uso de carreteras, ferrocarriles y aeropuertos, permitiendo así costear la reducción del ruido que se transmite a los usuarios.

3.3.- Vehículos de carretera y el ruido generado por los neumáticos

3.3.1.- Ruido de vehículos en carretera

El ruido de tráfico es la principal fuente de exposición al ruido ambiental, a pesar de las normas europeas sobre los vehículos de ruido que se presentaron en 1970, los niveles de ruido en las carreteras no han disminuido. El progreso tecnológico ha conllevado a un aumento del tráfico y a una tendencia a adquirir vehículos más pesados y más potentes con neumáticos más anchos.

Mediante la combinación de distintas medidas como la reducción del ruido en las superficies de carreteras, la imposición de normas más estrictas en lo que refiere al ruido de vehículos y sus neumáticos, y la reducción de la velocidad del tráfico, podría conseguirse una reducción aproximada en el tráfico rodado de unos 10 dB(A) aproximadamente en 10 o 15 años. Esto sería equivalente a reducir el ruido a la décima parte de los niveles actuales.

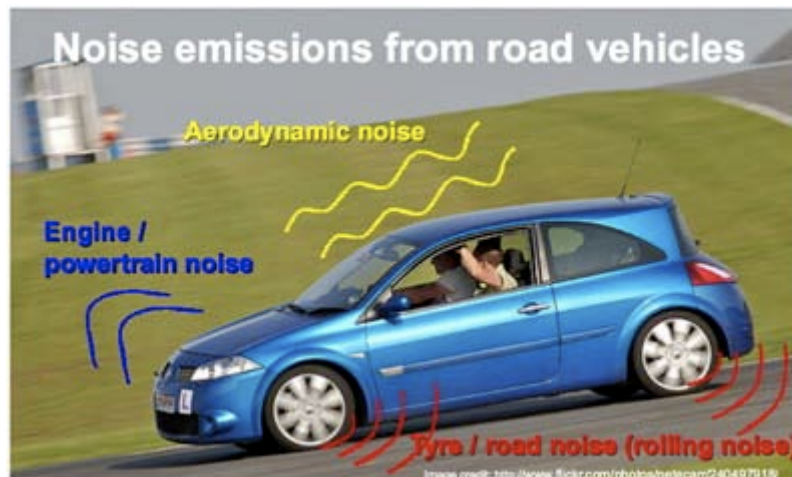


Imagen 3.1. Partes del automóvil que provocan ruido.

El ruido en las carreteras surge de las siguientes fuentes:

- Propulsión del ruido (motor, tren motriz, escape y de admisión).
- Tipo de carretera y el ruido de contacto.
- Ruido aerodinámico.

El ruido del motor es la principal fuente a velocidades bajas (menos de 30 km/h para vehículos de pasajeros y menos de 50 km/h para camiones), el ruido de los neumáticos domina por encima de eso, y el ruido aerodinámico se hace más fuerte en función de la velocidad del vehículo.

Las normas del ruido de vehículos se establecen en la Directiva 70/157/CEE y sus modificaciones posteriores (tres), que regula la autorización técnica de vehículos nuevos y en la actualidad estableciendo límites de emisión de ruido de 74 dB(A) para turismos y 80 dB(A) para los camiones. Las normas para los camiones han sido algo más eficaces que las normas destinadas a los coches. Los límites de ruido incluyen todas las posibles fuentes de ruido de los vehículos.

Mientras, los límites de homologación de ruidos se han ido reforzando los últimos años, (hasta 10 dB(A) se han reducido en algunos vehículos), aunque no se ha realizado ninguna mejora en la exposición global al ruido generado por vehículos en carretera, debido principalmente al aumento de tráfico por carretera y por la tendencia a adquirir vehículos de gran potencia.

El ciclo de pruebas para la certificación de vehículos en los límites de los niveles de ruido no reflejan con precisión las condiciones reales de conducción. Esto es debido a que el ciclo de pruebas actual no incluye disposiciones para la evaluación del rendimiento de ruido en las situaciones de tráfico urbano de parar y arrancar a bajas velocidades, donde el ruido del motor es la fuente dominante.

Otro fallo es que los parámetros establecidos para dicha prueba, están configurados de tal modo que los vehículos pueden estar diseñados para pasar la prueba, pero, por otro lado, generalmente generan ruidos mayores cuando circulan por carretera.

A día de hoy, se estudia el desarrollo de un nuevo ciclo de pruebas para el mundo real aunque ello está teniendo el efecto de retrasar la posibilidad de establecer límites más estrictos para las emisiones de ruidos en carretera producidos por los vehículos.

3.3.2.- Ruido generado por los neumáticos

Las emisiones producidas por el ruido de rodadura debido a los neumáticos han ido en aumento a lo largo del tiempo, cuya causa principal es el uso de neumáticos más anchos. A medida que el ruido producido por los neumáticos por el contacto con la carretera empezó a dominar las emisiones sonoras, (30 km/h para los turismos y 50 km/h para los camiones), se consideró la posibilidad de regular el ruido de rodadura de forma independiente, así como su papel en los ruidos generados por los vehículos en general. De este modo, la Directiva 2001/43/CE complementa las normas de ruido de vehículos mediante el establecimiento de un procedimiento de prueba y los valores límite del ruido de rodadura generado por los neumáticos.

3.3.3.- Ruido de la superficie

El ruido de rodadura del neumático se determina por la estructura y textura de la superficie de la carretera, así como por el diseño de los neumáticos. Las "superficies silenciosas" tienen la capacidad de reducir el ruido de la carretera entre la mitad y tres cuartas partes en comparación con el asfalto estándar. Las carreteras construidas con una o dos capas superficiales delgadas, son más silenciosas que las carreteras de asfalto que se encuentran actualmente y de manera común en Europa.

Por lo tanto, las superficies porosas y poro-elásticos, son aún más silenciosas (hasta 12 dB(A) más silenciosa que una superficie estándar), esto es debido a que las deficiencias en la textura de la superficie interactúan mejor con los neumáticos del vehículo.

Por su parte, las superficies silenciosas son caras y su mantenimiento es costoso, pero, estos costos deben considerarse en comparación con los beneficios totales que provienen de reducir el ruido del tráfico, ya que ahorrará dinero en inversiones de barreras de ruido, aislamiento de edificios, además de afectar menos a la salud.

El uso de superficies silenciosas debería ser específicamente la carretera prioritaria en aquellas zonas densamente pobladas. Para poder priorizar o no las carreteras, se utilizan los mapas de ruido, los cuales son creados de acuerdo con la Directiva sobre el ruido ambiental, identificando así que áreas y tramos de carreteras deben tener prioridad.

Mientras tanto, la Comisión Europea está estudiando la posibilidad de implantar una normalización que obligue a las autoridades a crear una clasificación de las superficies del camino de acuerdo a los niveles de ruido. De hecho, casi todos los países europeos cuentan ya con sistemas de clasificación de las superficies de carreteras en términos de ruido, pero no existe una armonización en la UE. Por ello se plasma la necesidad de la crear un marco transparente y de fácil comprensión en las autoridades locales, regionales y municipales, siendo un primer paso esencial para las consideraciones que conciernen a la planificación de ruido urbana y espacial.

4.- Modelización y mapas de ruido

4.1.- Mapas de ruido

El Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental estableció la siguiente definición de "**Mapa de Ruido**":

“Es la presentación de datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un índice de ruido, en la que se indicará la superación de cualquier valor límite pertinente vigente, el número de personas afectadas en una zona específica o el número de viviendas expuestas a determinados valores de un índice de ruido en una zona específica”.

Es importante recalcar que el concepto de Mapa de Ruido es el de una herramienta de gestión “dinámica” cuyo objetivo es la mejora medioambiental y acústica continua, de hecho los mapas de ruido no son herramientas “cartográficas-acústicas”, sino que incorporan toda una serie de estudios, diagnósticos, campañas de medidas, modelos y sistemas de información geográfica, análisis estadísticos e indicadores ambientales acústicos que permiten una posterior planificación de acciones no sólo correctoras, sino, y esto es lo más importante, de carácter preventivo.

El artículo 15 de la Ley 37/2003 habla de los fines y objetivos de los Mapas de Ruido y establece que tendrán entre otros los siguientes objetivos:

- Permitir la evaluación global de la exposición a la contaminación acústica de una determinada zona.
- Permitir la realización de predicciones globales para dicha zona.
- Posibilitar la adopción fundada de planes de acción en materia de contaminación acústica y, en general, de las medidas correctoras que sean adecuadas.
- Los Mapas de Ruido delimitarán, mediante la aplicación de las normas que a tal efecto apruebe el Gobierno, su ámbito territorial, en el que se integrarán una o varias áreas acústicas, y contendrán información, entre otros, sobre los extremos siguientes:
 - Valor de los índices acústicos existentes o previstos en cada una de las áreas acústicas afectadas.
 - Valores límite y objetivos de calidad acústica aplicables a dichas áreas.
 - Superación o no por los valores existentes de los índices acústicos de los valores límite aplicables, y cumplimiento o no de los objetivos aplicables de calidad acústica.

Número estimado de personas, de viviendas, de colegios y de hospitales expuestos a la contaminación acústica en cada área acústica.

4.1.1.- Mapa estratégico de ruido

El Real Decreto 1513/2005 establece la siguiente definición de Mapa de Ruido:

“Un Mapa de Ruido diseñado para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas fuentes de ruido, o para poder realizar predicciones globales para dicha zona”.

Los mapas estratégicos de ruido contienen información sobre niveles sonoros y sobre la población expuesta a determinados intervalos de esos niveles de ruido, además de otros datos exigidos por la Directiva 2002/49/CE y la Ley 37/2003 del Ruido.

4.1.2.- Tipos de mapas estratégicos de ruido

Los mapas estratégicos de ruido pueden ser de cuatro tipos:

- Mapas estratégicos de ruido de las aglomeraciones: se entiende por una aglomeración, la porción de un territorio delimitado por el estado miembro, con más de 100000 habitantes y con una densidad de población tal que se considera como una zona urbanizada. Pueden abarcar un municipio, una parte de un municipio o varios municipios.

En la elaboración de estos mapas se tendrán en cuenta los emisores de ruido externos al ámbito territorial de la aglomeración que tengan una incidencia significativa en el ruido ambiental de la misma.

- Mapas estratégicos de ruido de los grandes ejes viarios: Se entiende por gran eje viario, cualquier carretera regional, nacional o internacional con un tráfico superior a tres millones de vehículos por año. Se utiliza el método nacional de cálculo francés “NMPB Routes-96”. (Título completo)

El ámbito territorial de los mapas estratégicos de ruido deberá extenderse, como mínimo, hasta los puntos del territorio en el entorno de los grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios y grandes aeropuertos, donde se alcancen, debido a la emisión de niveles de ruido propios, valores de L_{den} de 55 dB, y valores L_n de 50 dB (A).

- Mapas estratégicos de ruido de los grandes ejes ferroviarios: se entiende por gran eje ferroviario, cualquier vía férrea con un tráfico superior a 30000 trenes por año. Se utiliza el método nacional de cálculo de los Países Bajos ``guías para el cálculo y medida del ruido del transporte ferroviario 1996``.
- Mapas estratégicos de ruido de los grandes aeropuertos: se entiende por gran aeropuerto, cualquier aeropuerto civil con más de 50000 movimientos por año (siendo movimientos tanto los despegues como los aterrizajes), con exclusión de los que se efectúen únicamente a efectos de formación en aeronaves ligeras.

Entre los distintos métodos de modelización de trayectorias de vuelo, se utilizará la técnica de segmentación mencionada en la sección 7.5 del documento 29 de ECAC.CEAC.

4.2.- Proyecto europeo Imagine

4.2.1.- Conceptos básicos Imagine

Ruido de rodadura:

$$L_{wR} = A_R + B_R \cdot \log\left(\frac{v}{v_{ref}}\right)$$

Es la relación logarítmica entre la presión sonora y la velocidad. Los coeficientes A_R y B_R se dan en 1/3.

Ruido de propulsión:

Se basa en los efectos combinados de la velocidad del vehículo y del motor y como afectan al ruido. Igual que en la ecuación anterior los coeficientes A_P y B_P se dan en 1/3 de bandas de octava y $v_{ref} = 70$ km/h.

$$L_{wP} = A_P + B_P \cdot \frac{v - v_{ref}}{v_{ref}}$$

Factores de corrección:

Las ecuaciones anteriores describen el nivel de presión sonora bajo unas condiciones normalizadas estándar. En la práctica nos encontramos ante situaciones que difieren mucho de estas condiciones debido a factores como: pavimento, condiciones meteorológicas, edad del vehículo, tipo de carretera, etc.

Debido a estas desviaciones se aplican los factores de corrección siguientes:

- Directividad
- Temperatura
- Tipo de rueda
- Pavimento
- Aceleración / Deceleración

Clase de vehículo:

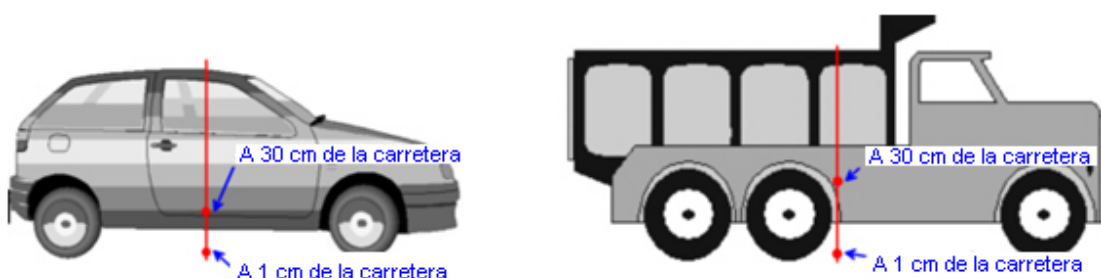
En el proyecto Imagine hay unas tablas en la que hay identificados diferentes tipos de vehículos: motocicletas, autobuses, camiones, etc.

4.2.2.- Proyecto Imagine para mapas de ruido

Es un proyecto de ámbito europeo para establecer metodologías para la realización de Mapas de Ruido. Para tráfico rodado y ferroviario los métodos de cálculo se han desarrollado en el proyecto Imagine.

Este proyecto ha desarrollado una base de datos con el valor de coeficientes necesarios para la aplicación del modelo Harmonoise. Esto debe proporcionar una estadística fiable de predicción de la emisión del ruido de la carretera.

Para el cálculo de la emisión de ruido (L_w) cada vehículo está representado por dos fuentes como se aprecia en la figura:



Dibujo 1, situación de las fuentes de ruido en vehículos ligeros y pesados

La fuente más baja se encuentra a 0.01m por encima de la carretera, la más alta se encuentra a 0.3m para los vehículos ligeros y a 0.75m para los vehículos pesados. Para motocicletas la altura de las fuentes aún no se ha determinado ya que la contribución del ruido de rodadura de estos vehículos se asume que es insignificante.

El resultado del modelo de propagación es el nivel de presión sonora equivalente de ruido en un determinado receptor para cada clase de meteorología. A largo plazo, valores de L_{den} y L_n se calculan a partir de la disposición mediante la determinación de valores de ruido y la frecuencia de ocurrencia de cada clase de propagación, y sumado a lo largo de su aparición.

El resultado del proyecto Harmonoise, visto como un conjunto de datos de entrada y los métodos que actúan sobre estos datos, se denomina "el modelo físico". El objetivo del modelo es predecir los niveles de ruido. Para llevar a cabo estas predicciones el proyecto Harmonoise ha desarrollado dos tipos de métodos:

- Método de referencia basado en la técnica de simulación numérica.
- Método de ingeniería de análisis basado en las formulaciones.

La base conceptual de ambos métodos es que *la propagación del sonido desde las fuentes al receptor puede ser descrita con suficiente precisión por medio de construcciones geométricas llamadas "camino de propagación"*. Aparte del modelo de propagación los proyectos Harmonoise e Imagine proporcionan sub-modelos para las siguientes tareas:

- Estimación de la potencia sonora para carreteras en función de los datos del tráfico y las características de la superficie.
- Estimación de la potencia sonora para ferrocarriles en función de los datos de tráfico, características de los raíles, etc.
- Estimación de la potencia sonora de las actividades industriales teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento y las horas de trabajo.
- Determinación de la dirección de la potencia sonora de las fuentes en aviones.
- Estimación de los valores de impedancia físicos del material.
- Determinación de los niveles de ruido promedio bajo diferentes condiciones meteorológicas.

4.2.3.- Realización de las líneas de propagación

El **modelo físico** se divide en tres procesos:

- Un proceso geométrico determina la propagación entre la fuente y el receptor.
- Un modelo puramente acústico estima el espectro de la potencia acústica de las fuentes, teniendo en cuenta la directividad de la fuente en la dirección de propagación.
- Una combinación entre cálculo acústico y geométrico estima el efecto de la propagación a lo largo de una determinada ruta, teniendo en cuenta las reflexiones sobre el suelo, las difracciones sobre obstáculos y la refracción meteorológica.

1) Sectores de propagación homogéneos

El nivel de ruido en el receptor tiene que ver con la potencia acústica de una fuente puntual:

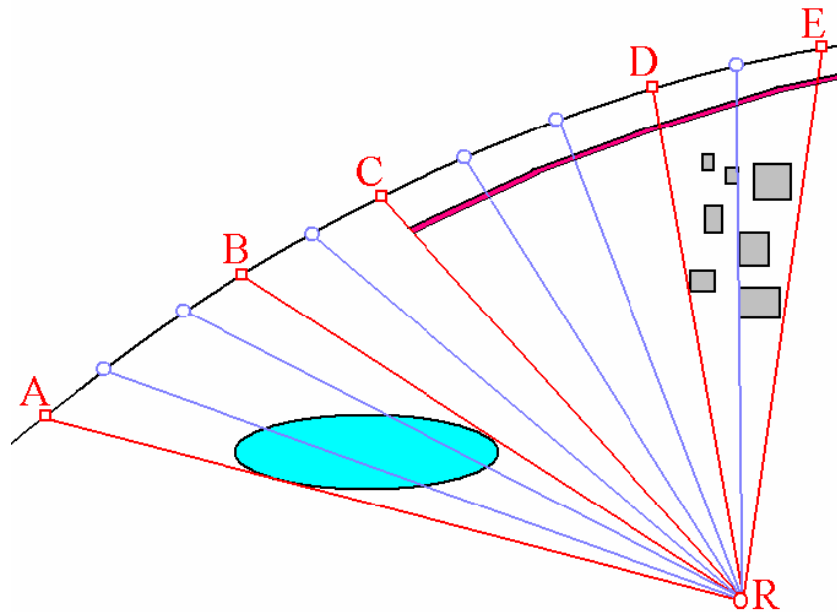
$$L_p = L_w + \Delta L_{geo} + \Delta L_{excess}$$

Dónde:

L_w representa la potencia acústica de la fuente.

ΔL_{geo} es la atenuación bajo condiciones de campo libre en un ambiente neutro.

ΔL_{excess} es el exceso de ΔL para todos los demás efectos de la propagación, incluidas las reflexiones en el suelo, sobre los obstáculos de difracción, refracción...



Dibujo 2, líneas y sectores de propagación

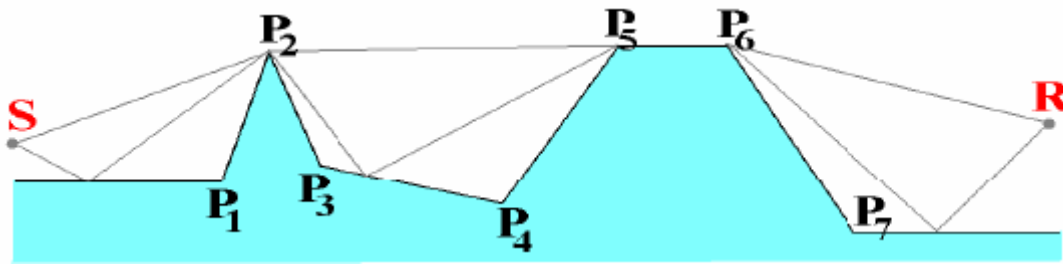
El principio de homogeneidad de la propagación está representado en la figura de arriba. Cada sector delimita una línea con el segmento fuente "topológicamente similar".

La propagación homogénea de los sectores se puede definir como:

- Topológicamente idéntica, es decir, que contenga la misma secuencia de intersección de obstáculos.
- Geométricamente similar, la intersección con los obstáculos se produce a prácticamente la misma distancia y tienen prácticamente la misma altura, sin importar la posición a lo largo del segmento fuente.

2) Planos de propagación

El exceso de atenuación dentro de un sector se puede calcular mediante un solo plano vertical. Este plano se puede tomar a través del punto medio del segmento fuente o mediante la bisectriz del ángulo del sector.



Dibujo 3, planos de propagación

3) Caminos de propagación

Un camino de propagación se define como la proyección de la propagación de un plano en el plano horizontal.

Los caminos de propagación se pueden clasificar de acuerdo a sus características geométricas:

- Caminos de propagación directos: son las líneas rectas que unen directamente la fuente al receptor.
- Caminos de propagación reflejados: los caminos son generados por los obstáculos verticales.

Caminos de propagación lateralmente difractados: los caminos son generados por los bordes verticales de los obstáculos.

Requerimientos

Los requerimientos para la realización del modelo geométrico son los siguientes:

- Criterios para la inclusión u omisión de elementos en el modelo.
- Elección de los puntos de control, es decir, puntos que definen la forma simplificada del elemento.
- Precisión al posicionar los puntos de control.
- Restricciones topológicas.

4.2.4.- Modelo temático

Debido a que el modelo físico se supone que es una descripción completa de la realidad con respecto al ámbito de la propagación del ruido al aire libre, uno espera que sea posible identificar todos los atributos del modelo físico.

Los métodos de evaluación acústica se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Medición: la cantidad física se determina por una técnica de medición. Esto incluye medidas en la zona o en el laboratorio.
- Modelo, nos permite realizar predicciones y cálculos sobre el nivel acústico de una determinada zona.
- Valores genéricos: basado en el examen visual.
- Valores por defecto: proporciona un valor genérico que pueda utilizarse en ausencia de cualquier otra información.

Carreteras

Harmonoise, es un proyecto el cual es de ámbito europeo y está relacionado tanto con metodologías de medición como de evaluación de ruido en sectores urbanos, tiene como objetivo predecir los niveles de ruido. Para ello se sugirió que las fuentes debían colocarse en las posiciones de las ruedas a ambos lados del vehículo ya que esto podría aumentar la precisión del modelo.

Cada carril debe ser modelado por medio de una única línea. En casos en los que sea necesario una menor exactitud puede ser suficiente la representación de los dos carriles por medio de una única línea central, como en el caso de los MER.

Imagine/Harmonoise, es un proyecto de ámbito europeo que establece metodologías para la realización de Mapas de Ruido. Para tráfico rodado y ferroviario los métodos de cálculo se han desarrollado en dicho proyecto. La emisión del ruido de un flujo de vehículos se modeliza por medio de tres líneas superpuestas, mientras que la posición de estas fuentes se expresa por medio de sus respectivas alturas en relación con la calzada.

Por encima de una determinada velocidad, el ruido total emitido por un vehículo está dominado por el contacto entre el neumático y la carretera, como se mencionó en el apartado 3.1. Dicho ruido depende de la velocidad a la que circula el vehículo, el

pavimento de la vía (en particular, las superficies porosas e insonorizantes) y el tipo de neumático. Tipos de pavimento:

- Asfalto suave: (hormigón o masticado asfáltico), la superficie de carretera definida en la norma EN ISO 11891-1. Se trata de una superficie densa y de textura regular, en hormigón asfáltico o masticado con un tamaño máximo del árido de 11-16 mm.
- Superficie porosa: pavimento con al menos un 20% de volumen vacío. La superficie ha de tener menos de cinco años de antigüedad (la restricción de edad se debe a la tendencia de las superficies porosas a perder poder absorbente con el tiempo, a medida que el vacío se llena). Si se realiza un mantenimiento especial puede levantarse esta restricción de edad. Sin embargo, una vez transcurridos los primeros cinco años, deben realizarse mediciones para determinar las propiedades acústicas del pavimento. El efecto insonorizante de este pavimento está en función de la velocidad del vehículo.
- Cemento hormigón: incluye tanto el hormigón como el asfalto de textura áspera.
- Pavimento adoquinado de textura fina: adoquinado con una distancia entre bloques inferior a 5 mm.
- Pavimento adoquinado de textura gruesa: adoquinado con una distancia entre bloques igual o superior a 5 mm.

4.3.- Programa CadnaA

Éste es un software para el cálculo y presentación, gestión y predicción de la exposición al ruido e impacto de contaminantes atmosféricos. Este programa presenta las siguientes características:

- Cálculo basado en cerca de 30 estándares y normas.
- Mallas en niveles de fachadas de edificios para mostrarlos en paletas de colores de acuerdo a los niveles de presión sonora.
- Hasta cuatro parámetros de evaluación paralelos: $L_{\text{día}}$, L_{tarde} , L_{noche} y L_{den} .
- Cálculo y almacenamiento de niveles parciales de todos los emisores sonoros para cualquier número fijo de puntos receptores, por tanto es posible realizar un análisis detallado sin necesidad de recalcular.
- Los niveles en los puntos de la malla (Mapas de Ruido) pueden sumarse, restarse y procesarse con cualquier función definida por el usuario.

- Procesado paralelo en cualquier número de ordenadores para reducir el tiempo de cálculo en Mapas de Ruido a gran escala.
- Soporte Multi-threading, uso paralelo de todos los procesadores de un PC multicore, con una sola licencia.

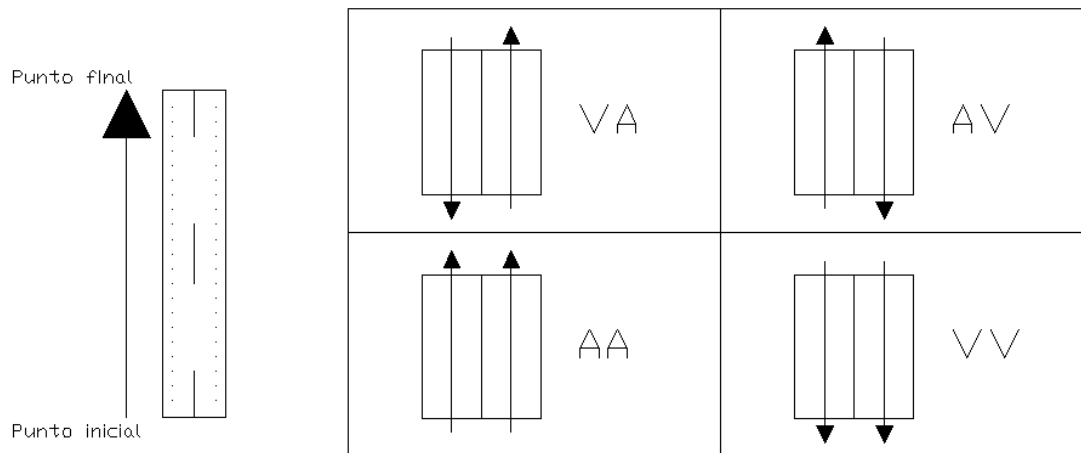
Para introducir la densidad de tráfico, existen varias opciones alternativas, algunas relacionadas con otras:

- Aforo IMD: en esta ventana es posible introducir la intensidad media diaria (IMD), que es equivalente a los vehículos que pasan por una sección determinada en un intervalo de 24 horas al día, promediando durante todos los días del año. Si se introducen directamente datos en esta ventana, podrá observarse como las ventanas de ``datos horarios de aforo`` se rellenan con valores calculados.
- Datos horarios de aforo: este ítem es accesible después de marcar la opción en el cuadro de diálogo de edición de carretera. Observe que cuando la opción ``Datos horarios de aforo`` se activa, la opción aforo, IMD, es desactivada. La densidad horaria relevante de tráfico por cada hora Q (vehículos por hora), es el dato que se puede introducir, si se dispone de él, así como el valor medio de vehículos pesados expresados en %, con respecto al valor de densidad horaria.

Los datos que disponemos se han recogido mediante la cuenta de coches en el mismo municipio y nos servirán para rellenar la casilla de ``Aforo IMD``.

Dentro de pendiente de la carretera pondremos:

- Auto: VA si la vía es de doble sentido.
- Auto: AA si todos los carriles tienen el mismo sentido y llevan la dirección marcada (la A marca el sentido de una flecha).
- Auto: VV si todos los carriles tienen el mismo sentido y llevan la dirección marcada.
- Auto: AV no sería nuestro caso. Se utilizaría para vías ubicadas en el Reino Unido puesto que se conduce por el carril izquierdo de la carretera.



Dibujo 4, pendiente de la carretera

En tipo de vía elegiremos vía local y en tipo de flujo una de las 4 opciones siguientes:

- Flujo continuo fluido: los vehículos se desplazan a velocidad casi constante por el segmento de vía considerado. Se habla de "fluido" cuando el flujo es estable tanto en el espacio como en el tiempo durante periodos de al menos diez minutos. Se pueden producir variaciones en el curso de un día, pero éstas no han de ser bruscas ni rítmicas. Además, el flujo no es acelerado ni decelerado, sino que registra una velocidad constante. Este tipo de flujo corresponde al tráfico de autopistas, autovías y carreteras interurbanas, y al de las vías rápidas urbanas (excepto en las horas punta), y grandes vías de entornos urbanos.
- Flujo continuo en pulsos: flujos con una proporción significativa de vehículos en transición (es decir, acelerando o decelerando), inestables en el tiempo (es decir, se producen variaciones bruscas del flujo en periodos de tiempo cortos) y el espacio (es decir, en cualquier momento se producen concentraciones irregulares de vehículos en el tramo de la vía considerado). Sin embargo, sigue siendo posible definir una velocidad media para este tipo de flujos, que es estable y repetitivo durante un periodo de tiempo suficientemente largo. Este tipo de flujo corresponde a las calles de los centros urbanos, vías importantes que se encuentran próximas a la saturación, vías de conexión o distribución con numerosas intersecciones, estacionamientos, pasos de peatones y accesos a zonas de vivienda.
- Flujo acelerado en pulsos: se trata de un flujo en pulsos, y por lo tanto, es turbulento. Sin embargo, una proporción significativa de los vehículos está acelerando, lo que implica que la noción de velocidad sólo tiene sentido en puntos discretos, pues no es estable durante el desplazamiento. Es el caso típico

del tráfico que se observa en las vías rápidas después de una intersección, en los accesos a las autopistas, en los peajes, etc.

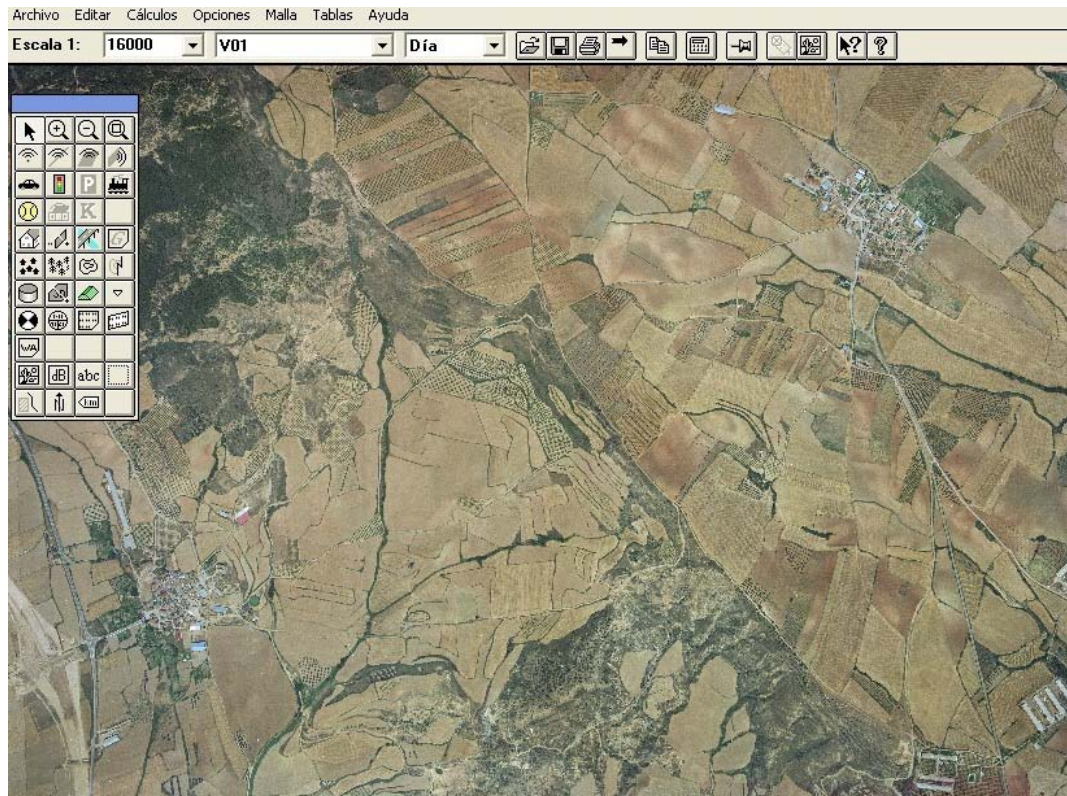
- Flujo decelerado en pulsos: es el flujo contrario al anterior, pues una proporción importante de vehículos está decelerando. Este tipo de tráfico se observa en general en las grandes intersecciones urbanas, en las salidas de autopistas y vías rápidas, en las aproximaciones a peajes, etc.

Una vez introducidos todos los datos correspondientes a las carreteras pasamos a los edificios. Los edificios son objetos con muros verticales donde no se consideran la azotea / tejado para la difracción o apantallamiento. Los emisores serán apantallados si su posición está dentro del edificio, ya que las paredes serán consideradas como barreras. Esta opción se podría desactivar en ``Fuentes en edificios / cilindros no apantallan``.

4.3.1.- Como realizar un mapa de ruido debido al tráfico

En el siguiente punto explicaremos como realizar un mapa de ruido debido al tráfico:

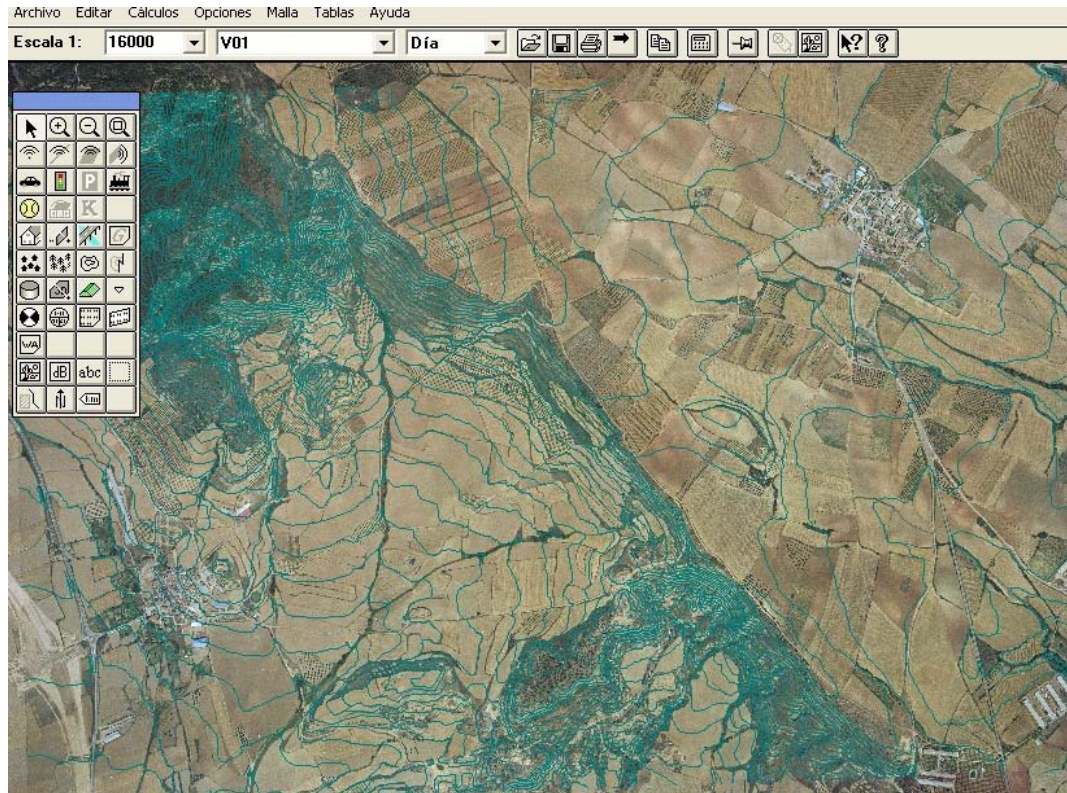
Abrimos el programa Cadna-A y desde el menú archivo seleccionamos la opción ``importar`` que aparecerá en el desplegable. En el cuadro de diálogo deberemos indicar a Cadna-A el lugar en el que se encuentra la ortofoto y en tipo de archivo pondremos ``bitmap``.



Dibujo 5, importación ortofoto.

Ahora importaremos las curvas de nivel. En el tipo de archivo escogeremos ``ArcView`` y dentro de opciones le diremos al programa el tipo de archivo que estamos importando, en nuestro caso curvas de nivel. Por defecto sale seleccionado polígono auxiliar, quitamos el asterisco de ahí y lo ponemos donde pone curvas de nivel puesto que es lo que vamos a importar. Por último, antes de darle a abrir seleccionaremos los ficheros con extensión: dbf, shx y shp.

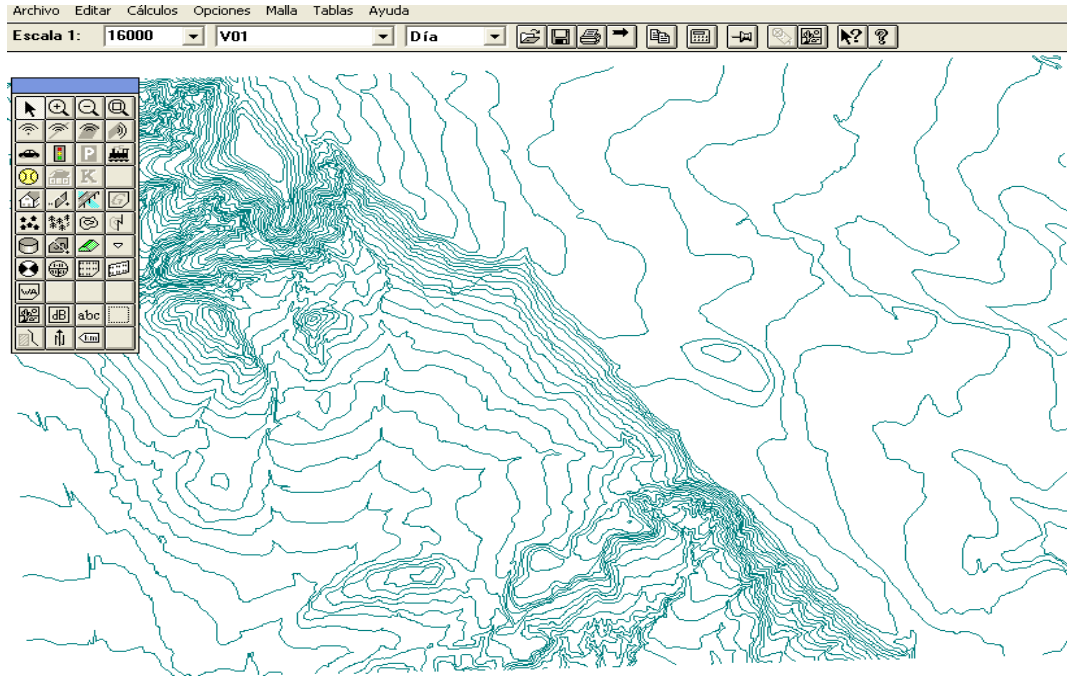
Quedará de la siguiente manera:



Dibujo 6, importación curvas de nivel.

Para que se vea mejor las curvas de nivel y los edificios y carreteras que ahora importaremos pulsaremos el botón "mostrar propiedades de los bitmaps", dentro de "mostrar propiedades de los bitmaps" deseccionamos "mostrar bitmaps".

Obtendremos:



Dibujo 7, mostrar propiedades bitmaps.

El siguiente paso será la importación de los edificios, en tipo de archivo pondremos ``Autocad-DXF`` y seleccionamos el plano con el que estamos trabajando. Damos a opciones y dentro de edificios seleccionaremos nuestra capa de Autocad con la que hemos representado las casas, también pincharemos en la opción ``usar altura para polilíneas`` porque queremos que todos los edificios salgan con las alturas que hemos introducido en Autocad. Ahora le damos a ``ok`` y a ``abrir``.

El proceso de importación de las carreteras es igual que el anterior salvo que en opciones dentro de carreteras deberemos seleccionar nuestra capa ``VAC_Carreteras`` y que no hace falta utilizar la opción de ``usar altura para polilíneas`` puesto que las carreteras tienen altura 0.



Dibujo 8, importación de los edificios y carreteras.

Ahora el siguiente paso será poner todos los edificios y carreteras con altura relativa. Si las dejáramos en absolutas no se situarían encima del terreno.

Primero empezaremos cambiando los edificios. El proceso de cambio de alturas absolutas a relativas se puede realizar de dos maneras:

- Pinchando en ``Tablas/Obstáculos/Edificios`` y cambiando la ``a`` de absoluta en todos los edificios por ``r``.
- Pulsando el botón derecho del ratón y a ``modificar objetos``, seleccionamos edificios y en acción ponemos modificar atributos. Ahora habrá que buscar en la ayuda el tipo de atributo. Pulsamos el F1 y buscamos la palabra ``attribute`` y

vemos que para cambiar a relativa en atributo hay que poner "HA_ATT" y en reemplazar caracteres poner reemplazar por r.

- Después de poner todos los edificios con altura relativa haremos lo mismo con las carreteras.

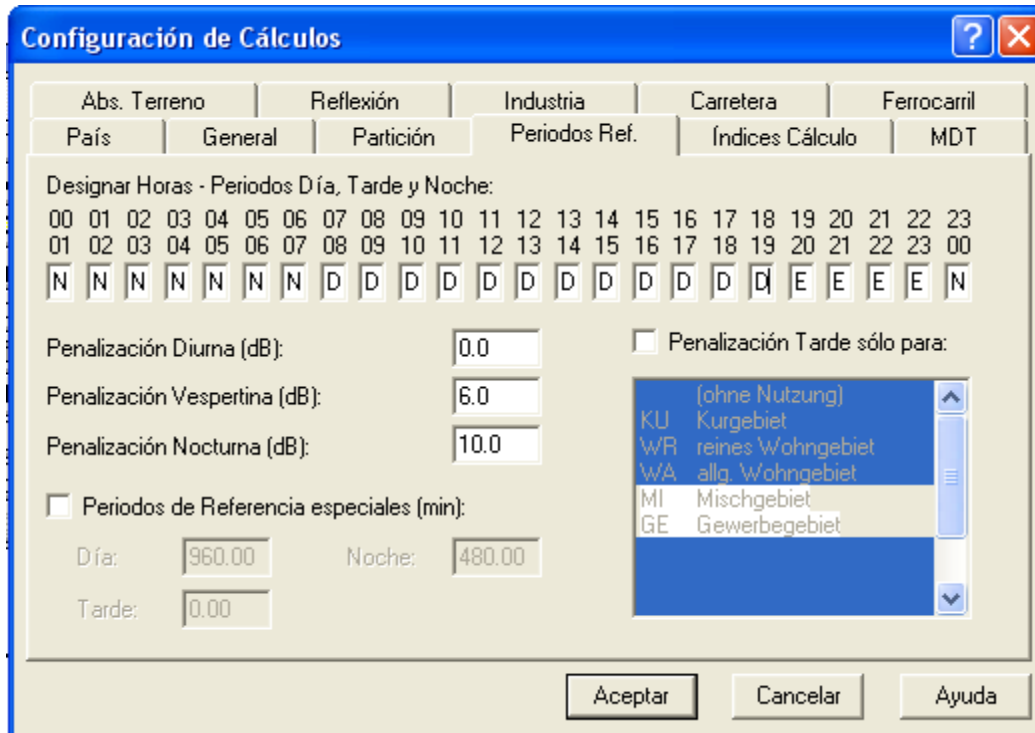
Pondremos un coeficiente de absorción de 0.75

En periodos de referencia deberemos asignar las horas a las que designaremos los periodos día, tarde y noche. En el Anexo I del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas están establecidos los periodos temporales de evaluación:

- Al periodo día (d): le corresponden 12 horas.
- Al periodo tarde (e): le corresponden 4 horas.
- Al periodo noche (n): le corresponden 8 horas.

Los valores horarios de comienzo y fin de los distintos periodos temporales de evaluación referidos a horas locales son:

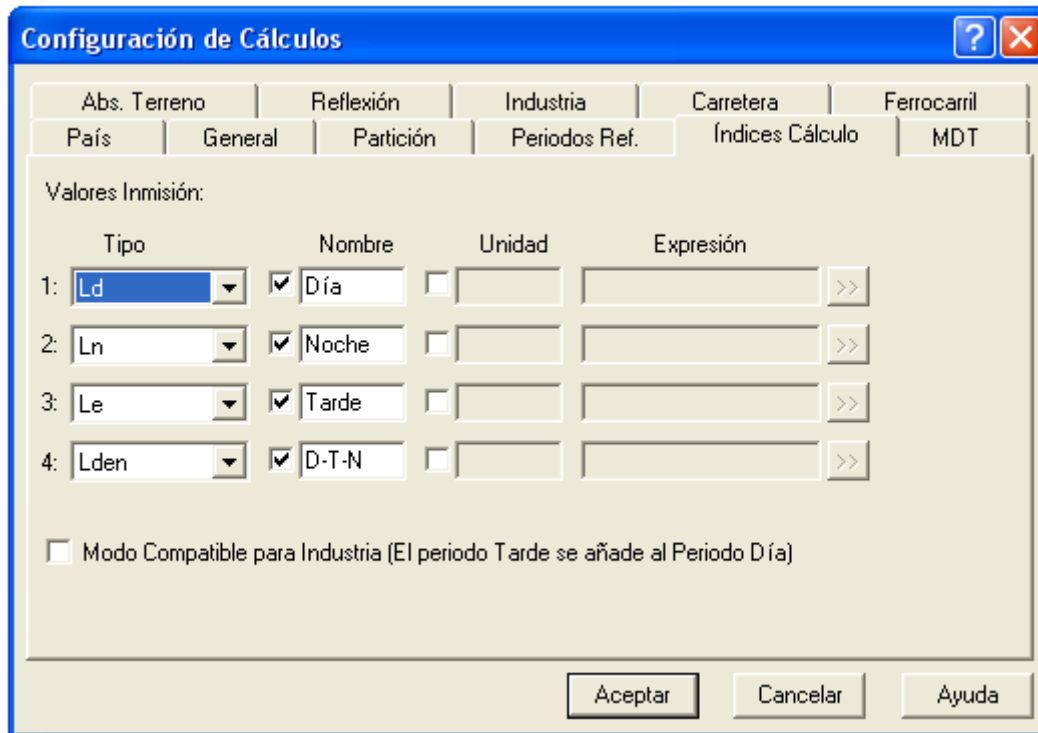
- Periodo día de 7:00 a 19:00.
- Periodo de tarde de 19:00 a 23:00
- Periodo noche de 23:00 a 7:00.



Dibujo 9, periodos de referencia.

Ahora pincharemos en índices de cálculo y pondremos L_d , L_e , L_n y L_{den} y pondremos los nombres a los que corresponden cada uno de los índices de ruido:

- L_d : corresponde al periodo día por lo que de nombre pondremos "Día".
- L_n : pondremos "Noche".
- L_e : pondremos "Tarde".
- L_{den} : pondremos "D-T-N" ya que es el promedio de los periodos día, tarde y noche



Dibujo 10, configuración índices de cálculo.

Dentro de Carretera ``pinchamos`` en meteorología. Allí se deberá introducir la probabilidad de que el sonido se propague de forma favorable en la dirección marcada en la casilla. Es posible establecer unas condiciones estándar por periodo temporal:

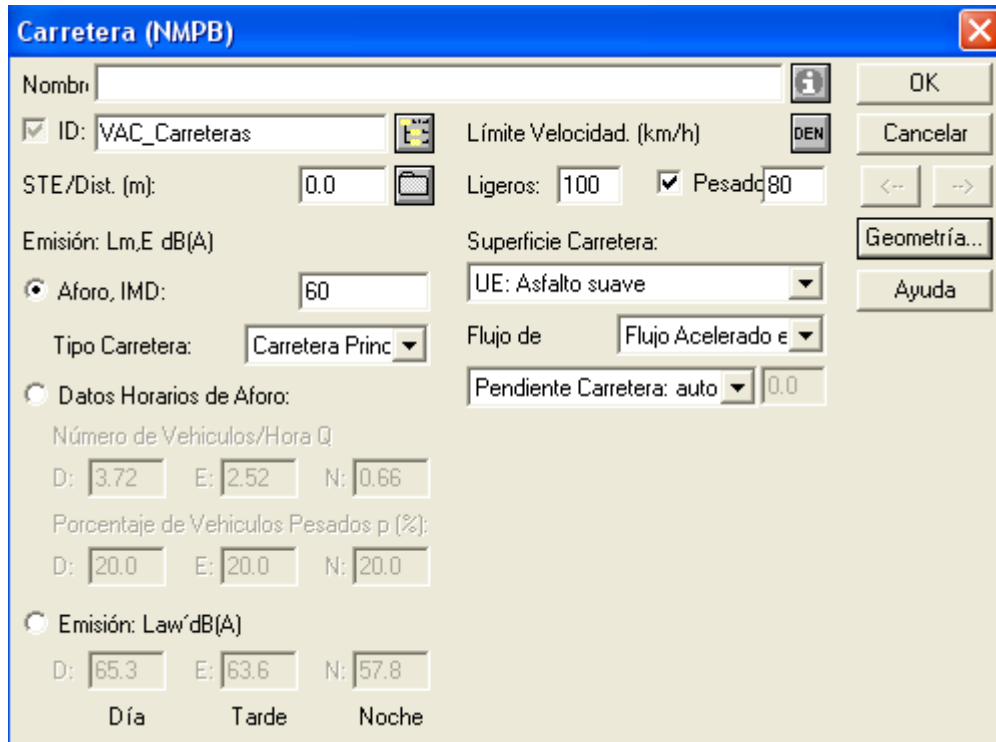


Dibujo 11, condiciones meteorología.

El siguiente paso será introducir todos los datos de las carreteras. Haciendo doble "click" en cada una de las carreteras podremos introducir todos los datos correspondientes a: aforos IMD, tipo de asfalto, porcentaje de vehículos pesados, velocidad de los vehículos, etc.

Por encima de una determinada velocidad, el ruido total emitido por un vehículo está dominado por el contacto entre el neumático y la carretera. Dicho ruido depende de la velocidad a la que circula el vehículo, el pavimento de la vía (en particular, las superficies porosas e insonorizantes) y el tipo de neumático. Tipos de pavimento:

- Asfalto suave
- Superficie porosa
- Cemento hormigón
- Pavimento adoquinado de textura fina
- Pavimento adoquinado de textura gruesa



Dibujo 12, características de la carretera.

Los edificios son objetos con muros verticales donde no se consideran la azotea / tejado para la difracción o apantallamiento. Los emisores serán apantallados si su posición está dentro del edificio, ya que las paredes serán consideradas como barreras. Esta opción se podría desactivar en ``Fuentes en edificios / cilindros no apantallan``.

Haciendo ``doble click`` en cualquier de los edificios nos aparecerá el siguiente menú:

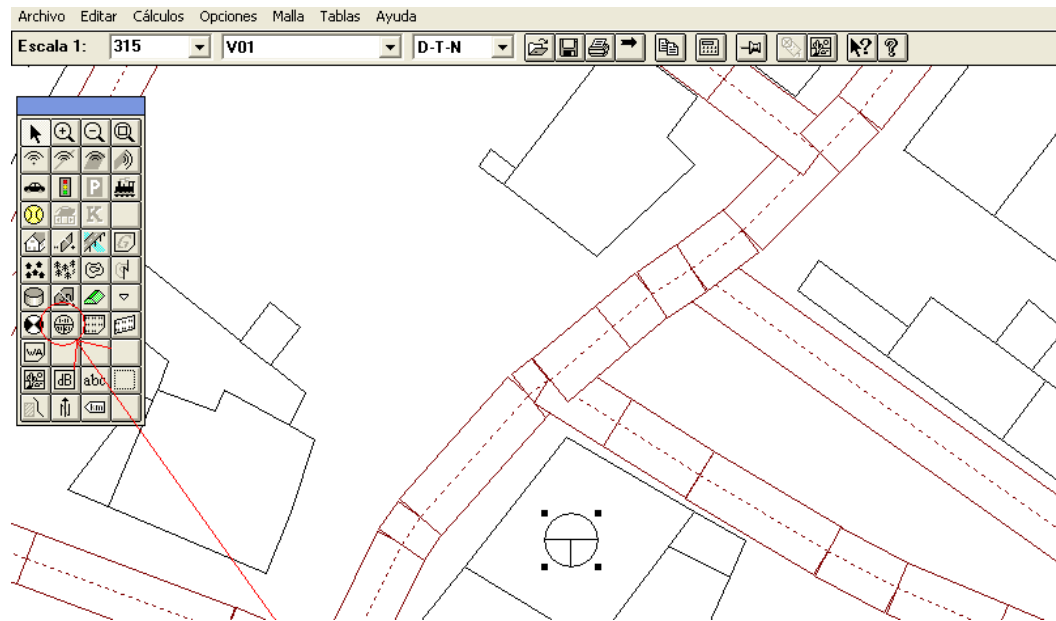


Dibujo 13, edificios.

Pinchando en la carpeta situada a la derecha de ``Pérdidas Reflexión`` se le asignará un valor en términos de clasificación de superficie. Seleccionaremos fachada de construcción.

En la misma ventana, introduciremos el número de residentes.

El siguiente paso será la introducción de receptores en los edificios. Primero introducimos uno en un edificio cualquiera:



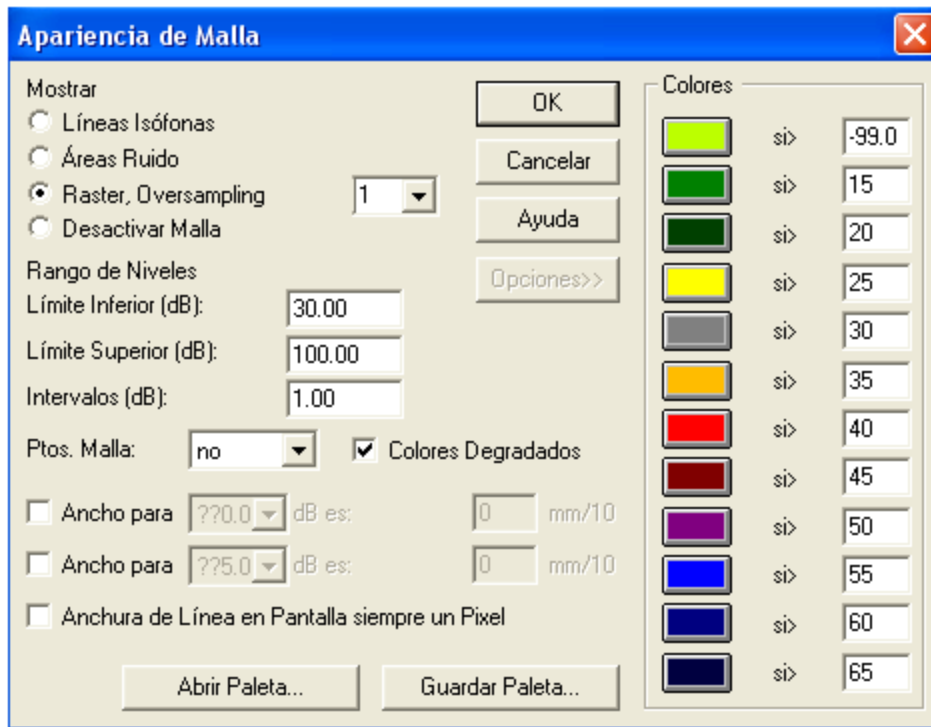
Dibujo 14, inclusión de receptores.

Haciendo ``doble click`` en el receptor y entrando en opciones ponemos ``altura de planta`` 2.99 m y altura del receptor 3.99 m. De esta forma los receptores se situarán a aproximadamente 4 m, 7m, etc., que es lo que se corresponde con las alturas de los edificios.

Dibujo 15, evaluación de edificios.

El siguiente paso será configurar la apariencia de la malla desde el menú ``Malla / Apariencia´´, donde se determina el aspecto de los gráficos que tendrá la malla después de ser calculada.

Raster \ Oversampling, con intervalos de 5 en los colores.

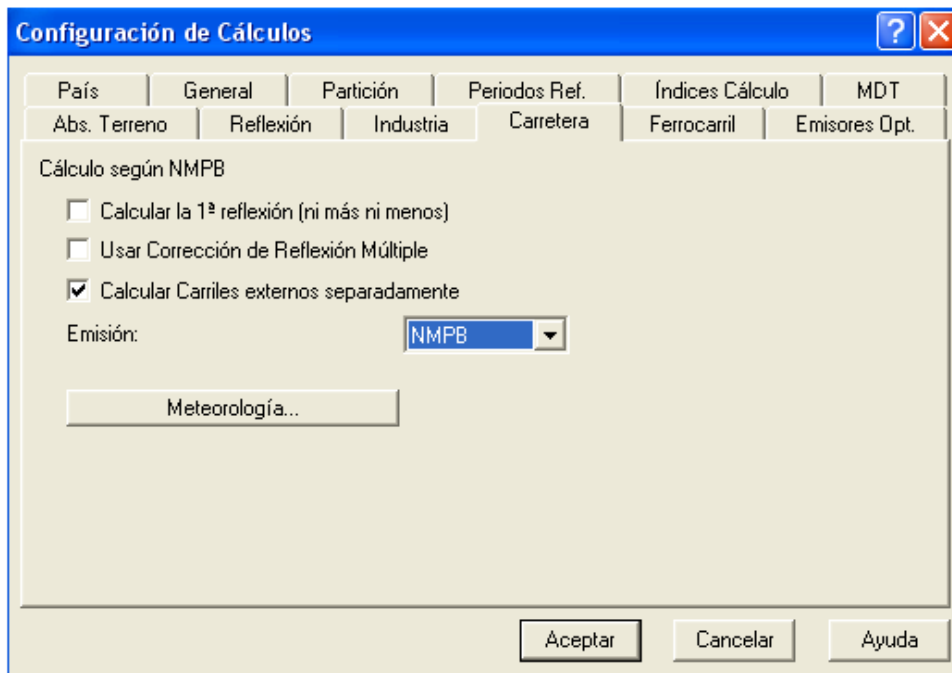


Dibujo 16, tipo malla.

Dentro de malla, en propiedades introducimos el espaciado de receptores (dx y dy) 10 metros y en altura del mismo se pone 4 metros.

Dejaremos las opciones por defecto: ``definir límites como malla, excluir emisores sonoros y excluir edificios`` activado.

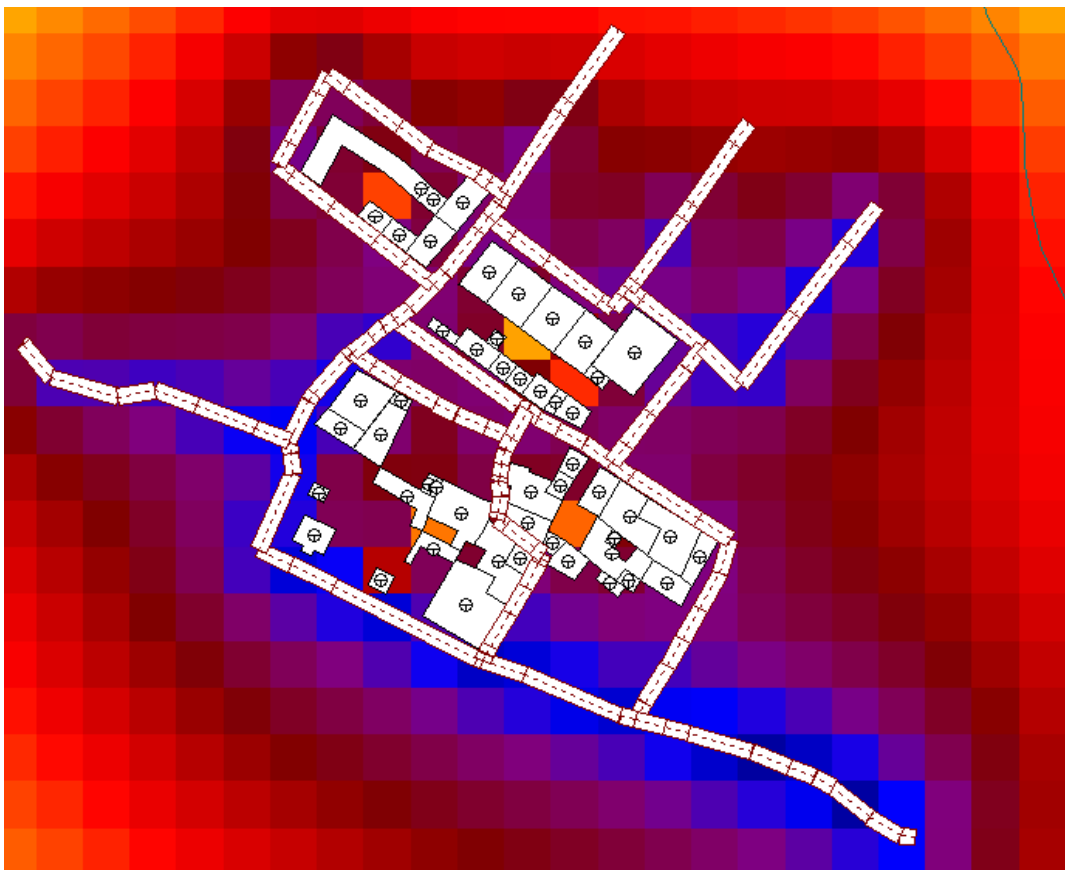
Recordar que en carreteras dejaremos la siguiente opción activada → NMPB, que es el método de cálculo francés usado en toda Europa como modelo acústico de carreteras.



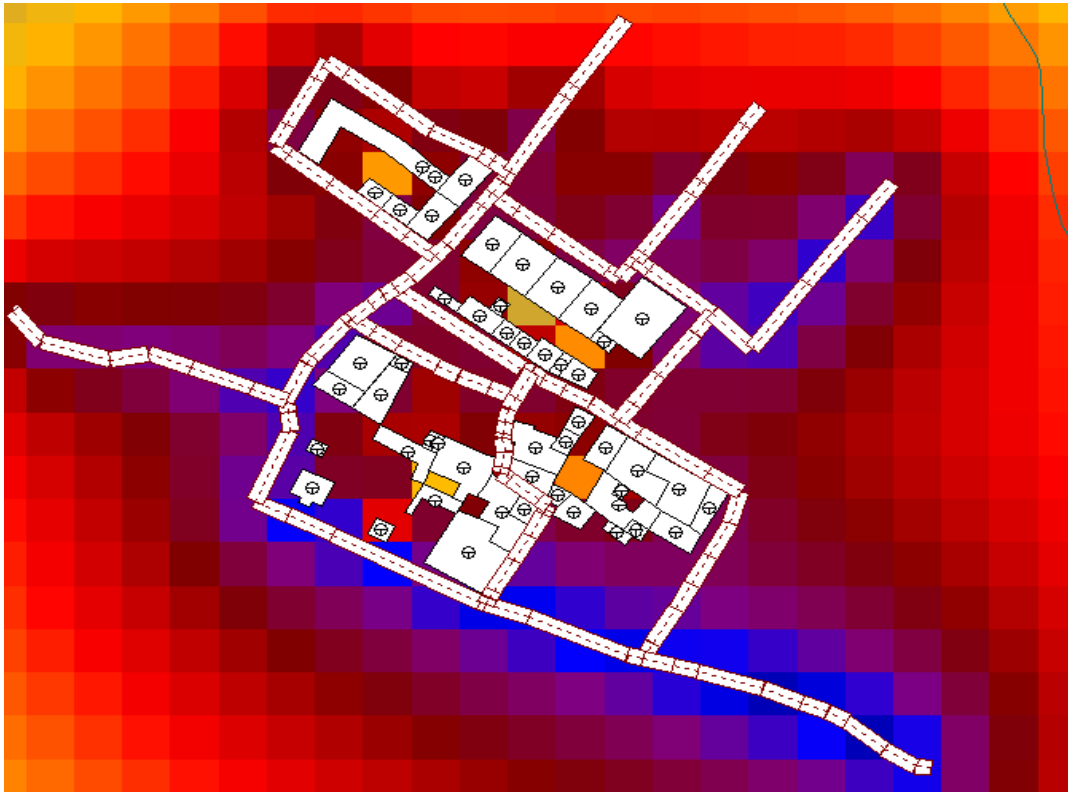
Dibujo 17, cálculo carretera según NMPB.

Seleccionaremos el área de cálculo para el que se va a realizar la malla, en nuestro caso todo el municipio. ``Pinchando`` en área de cálculo hacemos un cuadrado que encierre toda aquella extensión que deseamos calcular.

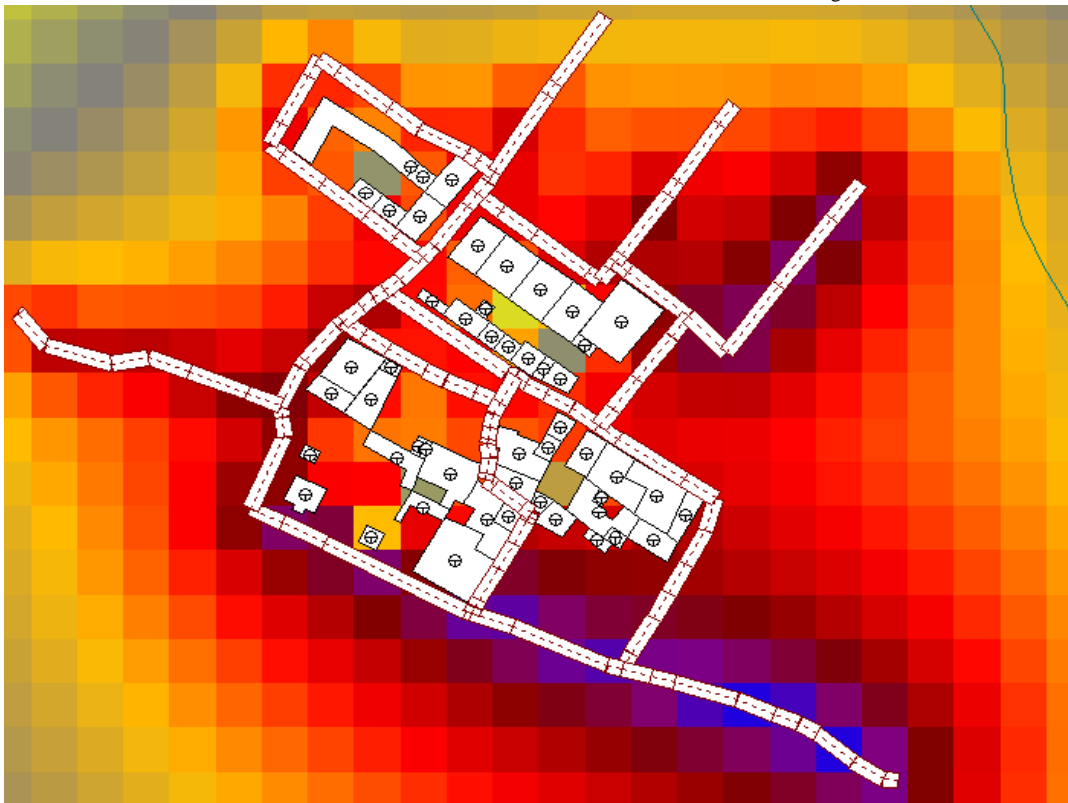
Ahora le damos a ``calcular malla`` dentro ``malla`` situado en la barra de herramientas.



Dibujo 18, corresponde al periodo día (L_{day}).



Dibujo 19, corresponde al periodo tarde (L_{evening})

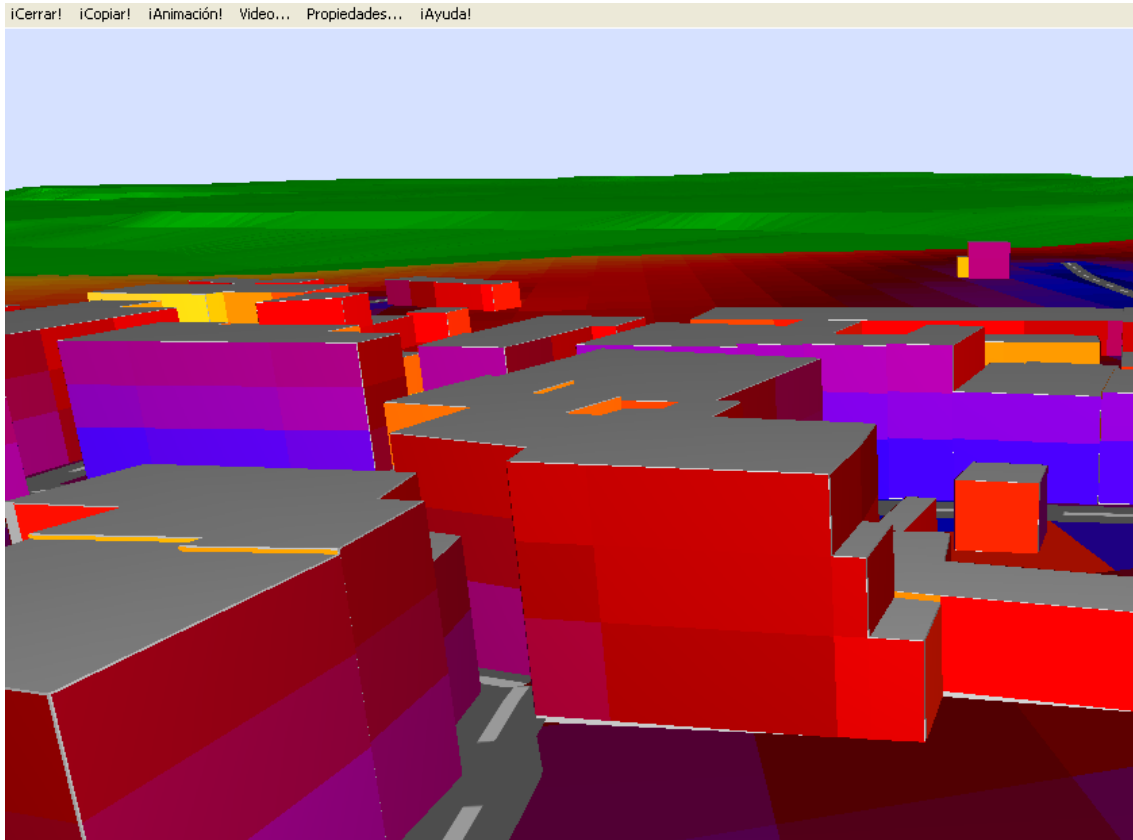


Dibujo 20, corresponde al periodo noche (L_{night})



Dibujo 21, corresponde al periodo día-tarde-noche (L_{den}).

Hacemos una vista ``3D special`` ya que nos permite ver los niveles de ruido en todas las fachadas:



Dibujo 22, corresponde a la vista 3D

En ``Tablas / Otros objetos / Evaluación de edificios`` encontraremos los niveles de los edificios:

	Día	Noche	Tarde	D-T-N	Desde	Hasta	Tipo	Auto	Tipo de Ruido	X	Y	Diametro	Bajo	Piso	
	(dBA)	(dBA)	(dBA)	(dBA)	Planta	Planta				(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
	53.2	43.1	50.9	54.0				x	Carreteras	714404.53	4678226.45	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	55.4	47.9	53.7	57.3				x	Carreteras	714394.53	4678197.56	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	55.9	48.4	54.2	57.8				x	Carreteras	714408.93	4678187.96	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	52.1	42.3	49.9	53.1				x	Carreteras	714395.67	4678206.74	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	46.9	37.5	44.6	48.0				x	Carreteras	714408.86	4678219.20	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	53.5	43.4	51.1	54.3				x	Carreteras	714400.16	4678220.53	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	49.6	40.1	47.2	50.6				x	Carreteras	714413.01	4678226.31	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	48.5	41.0	46.8	50.4				x	Carreteras	714420.03	4678194.85	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	46.3	37.9	44.3	47.7				x	Carreteras	714414.36	4678206.05	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	43.7	34.4	41.2	44.7				x	Carreteras	714419.22	4678208.61	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	44.4	35.6	42.2	45.7				x	Carreteras	714420.64	4678207.85	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	49.6	40.1	47.0	50.5				x	Carreteras	714426.00	4678202.37	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	49.7	43.0	47.6	51.6				x	Carreteras	714448.96	4678192.17	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	50.1	41.7	47.9	51.5				x	Carreteras	714445.60	4678195.95	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	50.8	41.5	48.3	51.8				x	Carreteras	714440.38	4678200.22	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	49.4	39.9	46.8	50.3				x	Carreteras	714441.00	4678206.85	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	56.7	49.7	55.2	58.8				x	Carreteras	714427.06	4678182.81	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	51.0	44.3	49.3	53.2				x	Carreteras	714434.03	4678191.94	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	50.5	43.5	48.7	52.6				x	Carreteras	714438.59	4678192.78	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	48.6	43.5	47.7	51.8				x	Carreteras	714457.84	4678187.36	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	47.9	42.8	46.9	51.0				x	Carreteras	714461.73	4678187.93	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	46.8	41.7	45.9	50.0				x	Carreteras	714458.67	4678197.03	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	48.8	42.6	47.0	50.9				x	Carreteras	714469.98	4678187.57	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	48.8	42.3	46.6	50.7				x	Carreteras	714476.85	4678192.95	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	45.1	40.0	44.1	48.2				x	Carreteras	714458.28	4678193.65	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	50.6	41.9	48.3	51.9				x	Carreteras	714462.04	4678201.57	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	49.9	41.6	47.6	51.2				x	Carreteras	714470.75	4678197.24	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	50.5	41.6	48.1	51.7				x	Carreteras	714455.43	4678206.96	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	44.6	35.2	42.1	45.6				x	Carreteras	714447.19	4678208.42	2.66	2.99	3.99	0.1000
Edificio	49.5	40.8	47.2	50.8				x	Carreteras	714449.92	4678213.02	2.66	2.99	3.99	0.1000

Tabla 1, datos edificios.

Población clasificada en función de los niveles a los que está expuesta; entrar en ``Malla / XL-Scan / Predefinidos / Población – Intervalos``.

Intervalo		Valor	
min	max	Día	Noche
	50.0	0.0	0.0
50.0	55.0	0.0	0.0
55.0	60.0	0.0	26.0
60.0	65.0	26.0	140.0
65.0	70.0	110.0	313.0
70.0	75.0	202.0	232.0
75.0		373.0	0.0

Tabla 2, clasificación de la población en función de los niveles de ruido.

Analizando la tabla hay que resaltar que en el periodo nocturno no se verá ninguna persona afectada por niveles sonoros mayores de 75 dB(A). Por otra parte, también cabe destacar que en el periodo nocturno el número de personas que sufren los niveles de ruido es mayor que en horario diurno para el rango 55-60 dB(A) 60-65 dB(A) 65-70 dB(A) 70-75 dB(A).

Obtendremos la tabla de carreteras:

ID	L _A w'			Datos de conteo		Velocidad Máx.		STE	Pendiente	Flujo de Tráfico
	Día	Tarde	Noche	Pes.	Clase de vía	Ligeros	Pesados			
	(dBA)	(dBA)	(dBA)			(km/h)	(km/h)	Dist.	(%)	
VAC_Carreteras	55.8	53.1	45.9	20	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	55.8	53.1	45.9	20	Vial local	50		0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	67.5	66.6	62.5	60	Autovía	120	100	0.0	auto AA	Flujo Acelerado en Pulsos
VAC_Carreteras	55.8	53.1	45.9	20	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	65.3	63.6	57.8	60	Carretera Principal	100	80	0.0	auto AA	Flujo Acelerado en Pulsos
VAC_Carreteras	65.8	64.9	60.8	60	Autovía	100	80	0.0	auto AA	Flujo Acelerado en Pulsos
VAC_Carreteras	60.6	57.8	50.6	60	Vial local	50		0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	62.1	59.8	51.9	40	Carretera Comarca	80	70	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	54.5	51.8	44.6	15	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	56.8	54.0	46.8	25	Vial local	50		0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	60.0	57.8	49.9	25	Carretera Comarca	80	70	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	54.5	51.8	44.6	15	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	61.9	58.8	50.9	30	Vial local	40	30	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	54.5	51.8	44.6	15	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	56.8	54.0	46.8	25	Vial local	50		0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	56.8	54.0	46.8	25	Vial local	50		0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	60.6	58.9	53.1	20	Carretera Principal	100	80	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	58.8	56.1	48.9	40	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	54.5	51.8	44.6	15	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	58.8	56.6	50.1	25	Vial local	80	70	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	54.5	51.8	44.6	15	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	56.8	54.0	46.8	25	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	62.8	61.9	57.8	20	Autovía	120	100	0.0	auto AA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	59.8	57.0	49.8	50	Vial local	50		0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	54.5	51.8	44.6	15	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	55.8	53.1	45.9	20	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	55.8	53.1	45.9	20	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	55.8	53.1	45.9	20	Vial local	50	50	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	60.6	58.9	53.1	20	Carretera Principal	100	80	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	62.1	59.8	51.9	40	Carretera Comarca	80	70	0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido
VAC_Carreteras	55.8	53.1	45.9	20	Vial local	50		0.0	auto VA	Flujo Continuo Fluido

Tabla 3, datos carreteras.

4.3.2.- Conclusiones:

Una vez finalizado todo el proceso obtenemos tablas que nos indican la velocidad a la cual circulan los vehículos, así como el nivel de decibelios generados por dichos vehículos, tanto ligeros como pesados, pudiendo observar el tipo de vía y la dirección de ésta.

Además, el Cadna-A nos muestra el número personas que se ven afectadas en un determinado rango de nivel de presión sonora en dB(A) tanto de día como de noche, ofreciendo la posibilidad de analizar los niveles de ruido en la fachada de los edificios.

Añadir que se deben realizar mediciones del nivel de presión sonora para poder validar el modelo de predicción y los resultados obtenidos mediante el mapa de ruido.

Es muy importante recalcar que no cabe establecer de forma estricta y directa una comparación entre los resultados del Mapa de Ruido y los resultados de las mediciones de validación puesto que los resultados del Mapa de Ruido evalúan los niveles medios anuales mientras que las medidas de ``validación`` ofrecen una ``foto fija``, es decir referida a unas condiciones concretas de la zona en un determinado momento, por lo tanto las mediciones quedan acústicamente condicionadas por las circunstancias específicas del periodo de medición por lo que no tienen una buena ``calidad estadística``.

5.- Movilidad urbana

5.1.- Concepto

Genéricamente se entiende como movilidad a la realización de múltiples actividades, el acceso a bienes culturales, de recreo, de consumo, los contactos entre personas, o la distribución de materias y productos de todo tipo que, en la mayoría de los casos, requiere el traslado de un lugar a otro de personas o cosas. Es decir, requiere movilidad.

Desde un punto de vista más técnico y a partir del concepto de movilidad, se entiende como movilidad urbana al desplazamiento de personas y vehículos en el entorno urbano; en su aspecto más general, denota la acción con la que las personas se desplazan en las ciudades para satisfacer sus necesidades y realizar sus actividades.

La movilidad urbana busca:

- Favorecer el desplazamiento y transporte de personas y objetos en las ciudades.
- Encontrar las mejores condiciones de circulación para garantizar la seguridad en las vías públicas y así proteger la vida de los ciudadanos e integridad de propiedades en todo momento.
- Proveer las condiciones óptimas para la creación y operación de sistemas alternativos y multimodales de transporte.
- Promover y buscar las medidas necesarias para conseguir un entorno urbano armónico para que el ciudadano disfrute del espacio público.

Por lo que la finalidad de una movilidad óptima, en especial la urbana, es la de generar condiciones tales que consigan una mejora constante en la calidad de vida.

5.2.- Tipos de movilidad

En lo que se refiere a entornos urbanos, ciudades o áreas metropolitanas, los elementos que condicionan en mayor medida la movilidad de las personas son:

- Localización de la vivienda.
- Ubicación de las actividades económicas, educativas y lúdicas.
- Localización de equipamiento y servicios.
- Servicio de infraestructura de transporte y comunicación.

Entre estos elementos fijos, el nivel y el grado de la interacción dependen de sus características y de su contenido, es decir de elementos como:

- Distribución en cuanto a edades de la población.
- El índice de escolarización.
- La tasa de ocupación.
- Las formas de producción.
- Las costumbres de compra, consumo y ocio.
- Las tasas de motorización.

Atendiendo a los condicionantes citados anteriormente, puede establecerse que en la movilidad en un ámbito urbano se distinguen dos tipos claramente diferenciados: movilidad obligada y movilidad no obligada.

5.2.1.- Movilidad obligada

Se habla de movilidad obligada o movilidad cotidiana a todos los desplazamientos diarios de personas que, independientemente del origen, su destino es el lugar de estudio o trabajo y, aquellos desplazamientos en los que el destino es el domicilio teniendo como origen el trabajo o el estudio.

5.2.2.- Movilidad no obligada

En este caso los desplazamientos se realizan con finalidades que no son las del trabajo ni estudio y sin la necesidad de tener una dirección y frecuencia fija.

Los desplazamientos realizados con el objetivo de realizar compras, ocio o servicio son ejemplos de movilidad no obligada.

Como se dijo anteriormente, la finalidad de una buena movilidad, especialmente la urbana, es la de generar condiciones tales que representen una mejora constante en la calidad de vida. Generar tales condiciones implica el plantear un nuevo concepto en el que se incluya la sustentabilidad, es decir, el de movilidad sostenible.

5.3. – Movilidad Sostenible

Se entiende como movilidad sostenible a la puesta en marcha y operación de un sistema de movilidad donde el peatón, el transporte colectivo, el vehículo privado, la infraestructura vial y el estacionamiento de vehículos conforman una unidad en la que se interrelacionan de manera armónica unas partes con otras, alcanzando un cambio modal en los desplazamientos. Para alcanzar el objetivo de conseguir una movilidad verdaderamente sostenible, se debe priorizar el transporte colectivo, autobús, metro, tranvía, etc. y el transporte alternativo, es decir, el vehículo compartido, moto, bicicleta y a pie para así disminuir la dependencia del transporte privado individual (automóvil).

Se distinguen tres modelos diferentes de ciudad desde el punto de vista de su organización de los servicios y zonas residenciales. Estos son, ciudad compacta, dispersa y mixta. En una ciudad compacta la distribución de las actividades (comercio, residencia, industria, recreación, etc.), se encuentran mezclados en distintas zonas mientras que en una ciudad difusa estos servicios se agrupan en zonas casi específicas. En su comportamiento hacia un desarrollo sostenible la ciudad compacta permite una red vial más funcional y eficiente, esto es así porque una distribución más heterogénea de las actividades minimiza el uso de una movilidad motorizada, demanda menos consumo de suelo y sobre todo el empleo de recursos materiales y energéticos es mucho menor. Una ciudad difusa genera una movilidad más errática y puede llevar a la formación de guetos. Este modelo, de carácter expansivo, provoca más movilidad.

Alcanzar una movilidad sostenible conlleva, entre otras cosas, obtener datos precisos o de gran confiabilidad tanto de la oferta de infraestructura necesaria para la movilidad como de la demanda real de dicha oferta en los ámbitos urbanos, ya que un

desequilibrio entre ambas produce consecuencias negativas como pueden ser embotellamientos, contaminación, concentración o falta de estacionamiento apropiado, las cuales suceden a día de hoy en la mayoría de las ciudades.

Para obtener esos datos se realizan análisis de demanda, los cuales incluyen:

- Mediciones in situ de aforos y conteos manuales y automáticos en lugares estratégicos, de persona y vehículos, con datos de sentidos, porcentajes de uso de vehículos, cantidad de pasajeros por viaje (y otros datos).
- Ocupación de espacio en vías.
- Mediciones de velocidades promedio.
- Contaminación acústica y del aire.
- Encuestas *in situ* y domiciliarias a los diferentes tipos de usuarios de las vialidades (por edades, por afinidades, por horario, peatones, ciclistas, automovilistas, taxistas, operadores de autobuses, etc.).

Todos estos datos obtenidos dan información sobre demandas de movilidad, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo que, sumados a la encuesta de movilidad obligada, permiten conocer la distribución modal.

Sobre el análisis de la demanda se hablará más detalladamente en el apartado 3.3 de este documento, “CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL DE TRANSPORTE”.

La base conceptual de un Plan de Movilidad Sostenible se apoya en aspectos técnicos que han de centrar el análisis en:

- Primero, es necesario evaluar cuál es el reparto modal que se presenta en la actualidad, analizándolo desde una perspectiva de una movilidad sostenible, es decir, buscando involucrar modos de transporte tanto autónomos como motorizados y no simplemente motorizados.

- Como segundo punto, se debe evaluar cuál es la distribución espacial de los principales movimientos cotidianos, sobre todo los desplazamientos obligados (trabajo y estudio) y establecer con qué medios de transporte se están llevando a cabo.

De dicho análisis es posible establecer si la distribución de los equipamientos en la ciudad es la adecuada, según criterios de proximidad, itinerarios de servicio público de transporte e itinerarios de transporte autónomo, determinando si la relación existente entre los polos generadores y atractores de viajes y las zonas residenciales disponen de un adecuado servicio de transporte público de pasajeros.

- En tercer lugar, se debe evaluar el sistema de espacios públicos y de esparcimiento, evaluando si se encuentran adecuadamente comunicados por una red de transporte autónomo. Es decir, analizar la organización urbana desde la perspectiva de la movilidad.

- Por último, se debe comprobar si el funcionamiento del transporte en vehículo particular dispone de un buen sistema, teniendo en cuenta la oferta de redes definidas con anterioridad (peatones, bicicletas y transporte público). Con el fin de establecer un sistema de transporte para el vehículo particular, se debe definir:

- Una red básica que conecte los barrios, que dicha red sea homogénea y posea una adecuada conexión con el exterior.
- Un adecuado sistema de estacionamientos que asegure la expulsión de los vehículos que se ubican sobre las calles, que favorezca el mantenimiento de los vehículos en garajes cerca del hogar y un buen índice de rotación de espacios en estacionamientos en áreas comerciales y de atracción de viajes.
- Una buena red de itinerarios de transporte de mercancías (carga y descarga) con potenciales plataformas logísticas de distribución urbana y una organización racional de la misma.

La finalidad principal es la disminución –y eventual eliminación- de los impactos negativos tanto sociales como ambientales existentes en la actualidad, buscando aumentar la eficiencia en los desplazamientos (especialmente motorizados) realizados en las ciudades. Particularizando en el transporte colectivo, específicamente, se busca:

- Mejorar y coordinar las redes de transporte colectivo.

- Acondicionar mayor espacio vial para el uso de vehículos del transporte colectivo.
- Crear estaciones y terminales del transporte colectivo, aumentando así su atractivo para el usuario o mejorarlas en el caso de existir.
- Mejorar la imagen pública del transporte colectivo y de sus cualidades tanto sociales como ambientales.
- Disminuir el consumo energético, el ruido, las emisiones contaminantes y los accidentes viales producidos por vehículos del transporte colectivo.
- Promover el desplazamiento no motorizado (a pie, en bicicleta) o en vehículos eléctricos, creando condiciones favorables.

Con ello, se pretende:

- Disminuir radicalmente las emisiones provenientes de combustible fósiles.
- Limitar el uso de suelo urbano y otros recursos a vehículos motorizados (especialmente los de uso individual) en beneficio de la ciudadanía.
- Conseguir una mejor eficiencia energética.
- Mejorar la calidad de vida en las áreas urbanas.

5.3.1.- Estrategias para conseguir una movilidad sostenible

En la búsqueda de una ciudad sostenible, hay que estudiar y articular dos aspectos primordiales. En primero lugar se debe amoldar la distribución de las actividades (residenciales y de servicios) al espacio disponible y después, encontrar la forma de dar medios de transporte sostenible que unan dichas actividades.

En la siguiente lista se citan estrategias que ayudan a conseguir una movilidad sostenible:

- Confeccionar planes de desarrollo económico y social y de ordenación territorial en el ámbito local, regional y nacional, cuya finalidad es la de disminuir la movilidad forzada y hacer posible el desarrollo de alternativas al transporte por grandes avenidas y carreteras.
- Compaginar la planificación y las inversiones en infraestructura y servicios para el transporte (costos reales de infraestructura y ambientales) con las políticas y la

toma de decisiones en materia de inversiones, y en los costos e impuestos a cuenta del usuario.

- Conseguir una mayor competitividad de los sistemas de transporte respetuosos con el medio ambiente como son los trolebuses, bicicletas, tranvías y otros vehículos eléctricos, etc.

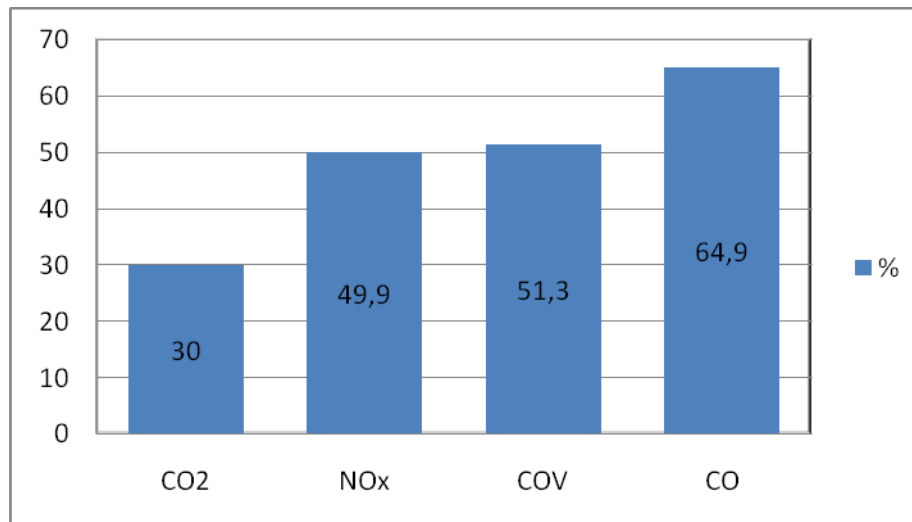
- Evolucionar el transporte urbano dando prioridad al transporte colectivo y la interconexión entre los distintos destinos de los desplazamientos.

- Mejorar continuamente la eficiencia de vehículos y combustibles fósiles. Restringir paulatinamente las facilidades, espacios y recursos que hoy se destinan a los automóviles particulares de uso individual.

- Promover el uso más racional de los vehículos privados, cambiando normas y hábitos de manejo.

5.3.2.- Problemas ambientales y sociales que afronta la movilidad sostenible

A día de hoy, en la gran mayoría de las ciudades existen un conjunto de problemas medioambientales entre los que cabe destacar la deficiente calidad del aire, de gases de efecto invernadero, generación de residuos y de aguas residuales, niveles elevados de circulación y congestión y de ruido ambiental, un entorno construido de mala calidad o crecimiento urbano desordenado.



Gráfica 5.1. Contribución del sector del transporte en las emisiones por el consumo de energía en España.

Las razones por lo que se tienen estos problemas radican en los cambios demográficos y los cambios en las formas de vida, factores estos que se han de tener en cuenta en la búsqueda de soluciones. Los problemas citados anteriormente provocan repercusiones en el futuro, como el cambio climático o la reducción gradual de la dependencia de los combustibles sólidos, por lo que esas soluciones han de tener visión de futuro y añadir aspectos de prevención ante el riesgo.

El uso indiscriminado del automóvil particular genera problemas que se han ido evidenciando con mayor énfasis en las últimas fechas: altos costos de combustibles fósiles, inversiones públicas crecientes en vialidades para motorizados desviando recursos de programas sociales, por ejemplo, contribución al cambio climático (calentamiento global) y otras perturbaciones atmosféricas con la emisión de los gases de combustión, y la aplicación de recursos y tecnología destinados a la producción de alimentos para los llamados biocombustibles, en vez de para la gente.

El papel del automóvil no se reduce únicamente a la infraestructura o las reglas que rigen el uso del espacio público, la circulación y el estacionamiento, sino que se fundamenta en un conjunto de políticas de fondo (urbanísticas, educativas, sanitarias, industriales, comerciales, etc.) que determinan el contexto y modo de uso de cada medio de transporte.

Las necesidades de desplazamiento son determinadas de un modo más directo por las políticas urbanísticas o de localización de las diferentes actividades. Si el urbanista aleja

de las viviendas los equipamientos, los empleos y los comercios, reduce las posibilidades de que el transporte colectivo funcione de manera eficiente y disminuye la comodidad y atractivo de la utilización de la bicicleta o la marcha a pie por parte de las personas. Además, si las grandes superficies comerciales, pensadas para el coche, ganan terreno al comercio de barrio, si equipamientos esenciales como son los hospitales o las escuelas pierden proximidad a las viviendas, si la percepción de la seguridad en el espacio público se diluye, etc., el automóvil se convierte en el medio protagonista en el transporte en la ciudad, haciendo de la movilidad sostenible una utopía o motivo de discursos políticos vacíos.

Los elementos relacionados con la sostenibilidad local o los aspectos sociales, ver tabla 5.1, cuestionan también el uso urbano masivo del automóvil, pues por su concepción, diseño y manera de uso se trata de un vehículo demasiado grande, demasiado potente, demasiado pesado y demasiado veloz para la ciudad.

El automóvil se emplea de forma masiva para desplazamientos de corta distancia, con una o dos personas, sin equipajes y a velocidades muy poco eficientes desde el punto de vista energético, lo que contrasta con las cuatro o cinco personas, el volumen de equipaje que puede transportar y la velocidad en torno a los 85 ó 90 km/h de máxima eficiencia para la que el automóvil está concebido. Si a esto se le añade la velocidad, su tamaño y peso, el resultado es una enorme capacidad de poner en peligro y perturbar al resto de las funciones y maneras de usar las calles. Por ello, no hay que asombrarse que haya desaparecido el concepto inicial de ciudad allí donde se ha monopolizado este sistema de transporte urbano. La masificación acaba destruyendo las ventajas individuales que promete el vehículo y deteriora los bienes colectivos.

El debate sobre el automóvil, sobre su utilización privada y por lo tanto masiva, y sobre las alternativas existentes a su generalización, es en lo que deriva el debate sobre la movilidad urbana sostenible; en lo que respecta a las alternativas existentes a su generalización y a evitar la dependencia del automóvil no basta con mejorar el transporte público o facilitar el tránsito peatonal y de bicicletas, idea que entre las instituciones públicas se está consolidado. La oferta adecuada de medios de transporte alternativos al automóvil es una condición necesaria pero no suficiente para garantizar el éxito de las políticas de movilidad sostenible. Además es necesario implantar dispositivos o mecanismos de disuasión y restricción activa del uso del vehículo privado.

Por ello, la función establecida al automóvil en la ciudad es el fondo del problema. Se debe reconocer que debe dejar de ser el protagonista y máximo exponente de la movilidad urbana, o se estará rehuendo u ocultando la verdadera problemática en beneficio de unos cuantos.

En la siguiente tabla se citan los principales problemas que afronta la movilidad sostenible, divididos en sostenibilidad global, local y aspectos sociales.

SOSTENIBILIDAD GLOBAL	SOSTENIBILIDAD LOCAL	ASPECTOS SOCIALES
Restricciones en las fuentes energéticas y agotamiento de los combustibles fósiles	Contaminación atmosférica	Deterioro de la salud derivada de la contaminación y el ruido
Cambio climático	Ruido	Accidentes
Lluvias ácidas	Ocupación de suelos fértiles	Miedo, preocupación y estrés en el uso de las calles y carreteras
Destrucción de la capa de ozono	Intrusión visual	Deterioro de la salud como causa de la sedentarización
Disminución de la biodiversidad	Contaminación de suelos y aguas	Reducción y perturbación de la comunicación vecinal en el aspecto público
Carencia de diversos recursos necesarios para la realización y funcionamiento de los vehículos, o para la construcción gestión y mantenimiento de sus infraestructuras		Disminución de la autonomía de ciertos grupos sociales como niños, ancianos, mujeres embarazadas y otros
		Reducción de la autonomía de las personas con discapacidad

Tabla 5.1. Principales problemas que afronta la movilidad sostenible.

5.3.3.- Indicadores de movilidad sostenible

Los indicadores de movilidad sostenible son una herramienta de evaluación y seguimiento que analiza los instrumentos de planificación y el análisis de sus efectos de aplicación.

Es el reparto modal el indicador que demuestra de forma más clara cuál es el sistema de transporte predominante que enlaza las distintas actividades dispuestas sobre un municipio. Así, se establece si el sistema puede progresar hacia modos más sostenibles, lo cual implicaría el análisis de una futura distribución modal.

Junto al indicador de reparto modal aparecen un gran número que manifiestan la proximidad a los destinos más interesantes de la ciudad, el ancho de aceras de esos itinerarios, el balance de estacionamiento por barrios o las emisiones de ruido y contaminación. Esto indica claramente que atender a la movilidad es algo mucho más ambicioso que el mero hecho de adecuar el espacio viario a una demanda presente o expresada de desplazamientos.

En la Tabla 5.2. Se puede apreciar una síntesis detallada de los indicadores de seguimiento que fueron propuestos en el Plan de Movilidad Urbana del Municipio de Mataró del año 2.004.

NOMBRE DEL INDICADOR	DEL	DEFINICIÓN	TENDENCIA DEL OBJETIVO
		INDICADORES GLOBALES	
Repartimiento interno	modal	Número de desplazamientos Internos - Internos en VP* / Número de desplazamientos Internos - Internos Totales (%)	Disminuir
Repartimiento generado	modal	Número de desplazamientos Internos - Externos en VP* / Número de desplazamientos Internos	Disminuir

	- Externos Totales (%)	
Autocontención	Número de desplazamientos Internos por Trabajo / Número de desplazamientos Totales por Trabajo (%) de los residentes	Aumentar
	INDICADORES DE CIRCULACIÓN	
Niveles de Servicio	Número de tramos de la red con nivel "X" / Número de tramos totales de la red viaria (%)	Disminuir
	INDICADORES PEATONALES	
Pacificación del Transito	Km. De Vías en los que se aplica medidas de pacificación del tránsito (Vel. Máx. 30 Km/h., señalización S-28 y otras medidas reductoras de velocidad)	Aumentar
Extensión de la red de calles arborizadas	Longitud de las calles arborizadas (1 o 2 aceras) / Longitud total de las calles (%)	Aumentar
	INDICADORES BICICLETAS	
Carriles Bici	Km. Totales de carriles Bici, prioridad bicicleta y coexistencia con los peatones	Aumentar
	INDICADORES	

	TRANSPORTE PÚBLICO	
Utilización del Transporte Público Municipal (media diaria)	Viajeros / día, (Total anual / 365)	Aumentar
Utilización del Transporte Público Interurbano (media diaria)	Viajeros / día, (Total anual / 365)	Aumentar
Carril Bus	Km. Totales de carril bus	Aumentar
Viajeros por año / Km. Por año	Viajeros por año / Km. Por año de bus urbano	Aumentar
Viajeros por año / Habitantes	Viajeros por año en bus urbano / Habitantes	Aumentar
Km. Por año / Habitantes	Km. Por año útiles de bus urbano / Habitantes	Aumentar
	Tiempo medio de paso del bus por parada	Disminuir
	INDICADORES DE ESTACIONAMIENTO	
Cobertura de Estacionamientos	Número total de plazas residentes / Número de vehículos residentes (%)	Aumentar
Disponibilidad de plazas privadas	Número total de plazas en garajes privados / Número de vehículos residentes (%)	Aumentar
Ilegalidad	Número de vehículos mal estacionados / Número total de plazas en la vía pública y solares (%)	Disminuir
	INDICADORES	

	AMBIENTALES	
Nivel O ₃	Número de días al año en los que se alcanzan concentraciones horarias de ozono superiores a 180 mg/m ₃	Disminuir
Emisión de gases de los vehículos	% de los vehículos inspeccionados que incumplen la normativa vigente	Disminuir
Emisión de CO ₂	tasa CO ₂ / Habitante / año	Disminuir
Emisiones de NO _x	tasa NO _x / Habitante / año	Disminuir
Emisiones de CH ₄	tasa CH ₄ / Habitante / año	Disminuir
Ruido causado por los vehículos	% de los vehículos inspeccionados que incumplen la normativa vigente	Disminuir
Niveles de ruido en vías muy transitadas	Media de los niveles sonoros diurnos, medidos en dB, en distintos puntos de la red viaria	Disminuir hasta 65 dB
Seguridad Vial	Número anual de accidentes de tránsito con víctimas* / 1000 vehículos *victimas: Heridos y muertos (dentro de los primeros	Disminuir

	30 días)	
--	----------	--

Tabla 5.2. Indicadores de seguimiento detallado.

* Vehículo Propio (VP)

Estos indicadores de movilidad son establecidos por los instrumentos de planificación urbana (indicadores de accesibilidad, conectividad y cobertura), impacto ambiental y territorial (emisiones de gases de efecto invernadero, impacto sonoro, seguridad, costes sociales) y eficiencia de los sistemas (capacidad, oferta de infraestructuras y demanda de desplazamientos, calidad del servicio, consumo energético e intermodalidad).

Todos estos indicadores sirven además para complementar el seguimiento de actuaciones efectuadas en cuanto a la movilidad, por ello se proponen una serie de indicadores de movilidad sostenible que se deben estudiar cada cierto tiempo, para evaluar la ejecución de las propuestas.

Dichos indicadores se basan en:

- La ejecución de las obras o medidas necesarias en diversas actuaciones.
- La pacificación del tráfico y la congestión en diferentes núcleos de los municipios.
- Incremento del empleo de modos sostenibles en los desplazamientos (peatón, ciclista y transporte público).
- Mejora de la accesibilidad.
- Aumento de la señalización para la mejora de la gestión del tráfico.
- Metros/kilómetros de vías para ciclistas e itinerarios peatonales desarrollados y su señalización.
- Mejora de las paradas de transporte público con la presencia de mayor información acerca de los itinerarios y servicios ofertados.
- Aumento de la seguridad vial.
- Mejora de las intersecciones.
- Kilómetros de viales en sentido único establecidos.
- Regulación y reubicación del estacionamiento.

6.- Procedimientos de medida

6.1.- Ensayo en movimiento (descriptivo)

En este apartado se describirá el procedimiento llevado a cabo para el cálculo de las emisiones sonoras generadas por los vehículos a motor en movimiento, se mencionará toda la instrumentación de medida necesaria, se analizarán en diferentes situaciones, cuando el vehículo esté acelerando y cuando esté a una velocidad constante.

6.1.1.- Instrumentación de medida

- Sonómetro debidamente calibrado que cumpla con el certificado oficial de calibración.
- Calibrador piezoeléctrico o pistófono que se adecúe al sonómetro en cuestión.
- Cable para extensión del micrófono del sonómetro con una longitud que permita el manejo de la operación del mismo (unos tres metros).
- Protector de micrófono contra el viento.
- Trípode para uso del micrófono o equipo receptor.
- Tacómetro de pulsación con precisión de 50 r.p.m. para los vehículos de motor se acepta el uso del equipo incluido en el tablero de control.

Sonómetro

Es un instrumento que responde ante un sonido de una forma aproximada a como lo haría el oído humano. Es una herramienta imprescindible para medir la presión sonora y su intensidad. Si se trata de un sonómetro-integrador, éste será capaz de promediar linealmente la presión sonora cuadrática.

Componentes de un sonómetro:

- **Micrófono:** convierte las variaciones de presión de las ondas sonoras en una tensión eléctrica proporcional a la presión. Es el componente principal del sonómetro y condiciona al resto de sus funciones.

- **Amplificador:** su misión es amplificar la señal del micrófono lo suficiente como para permitir la medida de los niveles más bajos de presión sonora y mantener la amplificación constante.

- **Filtros de frecuencia:** conjunto de filtros eléctricos cuya respuesta simula la respuesta auditiva humana. Compensa la diferencia de sensibilidad del oído humano para las distintas frecuencias audibles. Los sonómetros incorporan tres características de frecuencia: las ponderaciones A, B y C. La primera presenta atenuación a los ruidos ambientales similar a la del oído humano y es la que se suele exigir para evaluar un ruido. Tras el filtrado, la señal se amplifica y pasa al rectificador, obteniéndose una señal c.c., proporcional a los picos de presión sonora.

- **Detector de la señal (convertidor):** Encargado de obtener el valor de la señal proporcional al valor medio cuadrático. Durante este proceso, se produce una integración de la señal durante un determinado tiempo e incluso es posible modificar el tiempo de integración determinando la velocidad de respuesta frente a la variación de presión sobre una ponderación de tiempo exponencial. Las dos ponderaciones exponenciales de tiempo más utilizadas se identifican con los nombres de respuesta lenta (slow) y respuesta rápida (fast).

- **Indicador:** una vez la señal ha sido amplificada, modificada por la ponderación de frecuencia y promediada en el tiempo, se muestra visualizada en el indicador que da directamente el valor en dB, bien de forma analógica o digital. El uso de los registradores gráficos conectados al sonómetro permite obtener además un registro del nivel sonoro en función del tiempo.

Los sonómetros convencionales se emplean fundamentalmente para la medida del nivel de presión acústica con ponderación A del ruido estable. Los sonómetros integradores pueden emplearse para todo tipo de ruidos y pueden medir varios parámetros

simultáneamente (nivel de presión sonora con promedio temporal lento o rápido, nivel de presión sonora equivalente e incluso el nivel de exposición sonora).

Tacómetro

Es un dispositivo para medir la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro del motor, se mide en revoluciones por minuto (r.p.m.).

Componentes:

1. **Generador de pulsos:** son los platinos los encargados de aportar, en primera instancia los pulsos, cuando ejecutan su trabajo, al abrir y cerrar sus contactos para generar el alto voltaje en la bobina y luego esta, a las bujías; esto provoca la generación de corrientes inducidas con picos de alto voltaje. Convertirá estas corrientes en pulsos cuadrados que sean compatibles con los circuitos digitales los cuales procesarán toda la información y nos darán la lectura final.
2. **Base de tiempo:** circuito que sincroniza el sistema para que las lecturas correspondan exactamente a ciclos por minuto.
3. **Los contadores:** en los cuales se visualizarán las lecturas.
4. **Fuente de alimentación.**

6.1.2.- Vehículos a motor

Cuando el vehículo está acelerando

Esta medición se hace con el vehículo acelerado en movimiento a una velocidad estable, por su parte, el lugar de la prueba y la superficie deberán cumplir los requisitos de la ISO 10844, mientras que las dimensiones del lugar de medición serán las mostradas en la figura 6.1.

Con un radio de 50 metros alrededor del centro del lugar, el espacio deberá estar libre de objetos reflectantes como puentes, edificios, piedras...tanto el lugar de la medición como su superficie deberán estar secos y libres de materiales absorbentes como nieve en polvo o desechos sueltos.

El micrófono no deberá tener cerca ningún obstáculo el cual pueda influir en el campo acústico, además, ninguna persona deberá permanecer entre el micrófono y la fuente de ruido. La distancia a la cual se situará el observador, será aquella en la cual la lectura de medida no se vea afectada.

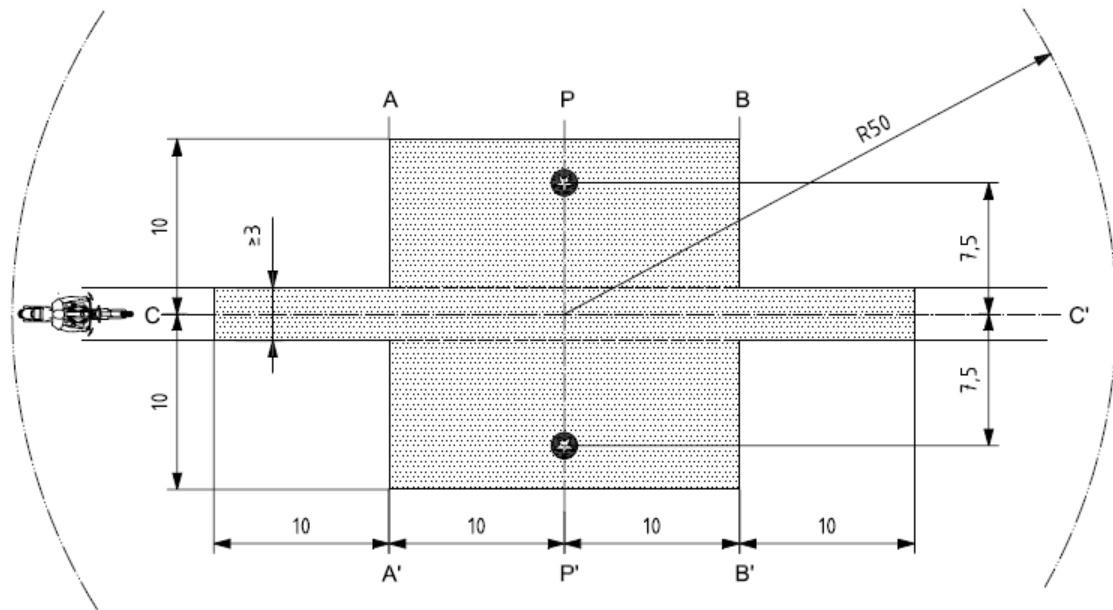


Figura 6.1 Representación de ensayo en movimiento.

Las condiciones meteorológicas

Las mediciones se realizarán cuando la temperatura ambiente esté en el rango de 5 ° C a 40 ° C. El test no se podrá efectuar cuando la velocidad del viento, incluidas las ráfagas, excedan los 5 m/s durante los intervalos de medida del ruido. El proceso quedará invalidado si se ha realizado bajo lluvia u otras condiciones meteorológicas no favorables.

Así, el valor representativo de la temperatura, la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa y la presión barométrica se registrarán durante los intervalos de medida de ruido.

El ruido de fondo

El ruido de fondo se medirá durante 10 segundos inmediatamente antes y después de las mediciones realizadas sobre el vehículo. La máxima medida de presión de sonido es la que tomaremos como referencia.

El ruido de fondo será como mínimo 10 dB inferior del ruido producido por los vehículos, si la diferencia es de 10 a 15 dB, para calcular el resultado del test, en la corrección apropiada se restará de las medidas del sonómetro los decibelios correspondientes según la tabla 6.2.

Ruido de fondo	10	11	12	13	14	15
Corrección de dB	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0

Tabla 6.1. Correcciones sobre los sonómetros.

Procedimiento de ensayo

La distancia desde la posición del micrófono en la línea PP' perpendicular a la línea de referencia CC' (todas ellas indicadas en la figura 6.2) será de $7.5 \text{ m} \pm 0.05 \text{ m}$.

El micrófono estará situado a una altura de $1.2 \text{ m} \pm 0.02 \text{ m}$. La dirección del micrófono será horizontal y dirigido perpendicularmente hacia la trayectoria del vehículo en la línea CC'.

Condiciones generales del vehículo

Antes de iniciar las mediciones, el vehículo se pondrá en sus condiciones normales de funcionamiento. Se tendrá en cuenta que la posible variación de resultados entre ensayos puede reducirse si hay un tiempo de espera de 60 segundos, en punto muerto.

Otro punto a destacar, será el test de masa del vehículo que se realizará en kilogramos y como se incida a continuación:

$$m_t = m_{ref} = m_{kerb} + m_d = m_{kerb} + 75 \text{ kg} \pm 0.5 \text{ kg}$$

75 kg \pm 5 kg es equivalente a la masa del conductor.

Condiciones de los neumáticos

Los neumáticos tendrán que ser los apropiados para el vehículo además de estar a la presión recomendada por el fabricante para el test de masa del vehículo.

Se aplicarán otros requerimientos adicionales para su certificación y conseguir de este modo el cumplimiento de los propósitos. Por consiguiente, los neumáticos para esta prueba serán seleccionados por el fabricante del vehículo y deberán corresponder a uno de los tamaños y tipos de neumáticos específicos designados para el vehículo. Dicho neumático deberá estar comercialmente disponible en el mercado al mismo tiempo que el vehículo.

Incertidumbre de medida

El procedimiento de medición se ve afectado por diversos parámetros (por ejemplo, ISO 10844 de superficie de variación de la textura, las condiciones ambientales, la incertidumbre de medición del sistema...) que conducen a la variación en el nivel resultante observado para el mismo proceso.

La fuente y la naturaleza de estas perturbaciones no son totalmente conocidas y, a veces afectan el resultado final de manera imprevisible. La incertidumbre de los resultados a partir de las mediciones de acuerdo a esta parte de la norma ISO 362 puede ser evaluada por el procedimiento descrito en Guía ISO/IEC 98-3 o por comparaciones en laboratorios, de conformidad con la norma ISO 5725.

Las incertidumbres que se indican a continuación se basaron en los datos estadísticos existentes así como en el análisis de tolerancias establecidas en la ISO 362. Dichas incertidumbres se agrupan de la siguiente manera:

- a) Variaciones esperadas en el laboratorio de ensayo y ligeras variaciones en las condiciones ambientales encontradas en una serie de prueba (run-to-run).
- b) Variaciones esperadas en el laboratorio de ensayo, pero con variaciones en las condiciones ambientales y propiedades de los equipos que normalmente se prevén durante el año (day-to-day).

- c) Variaciones entre los laboratorios de ensayo en los que además de las condiciones ambientales, equipos, personal, etc., las condiciones de la superficie también variarán (site-to-site).

En la siguiente tabla se especificarán los decibelios de variabilidad obtenidos según la incertidumbre dada:

Run-to-run	Day-to-day	Site-to-site
0.5	0.9	1.4

Tabla 6.2. Decibelios de variabilidad según la incertidumbre.

6.2.- Ensayo a vehículo parado

En este apartado se detallará el proceso de cálculo empleado para la medición del ruido generado por vehículos parados, posteriormente se aplicará dicho procedimiento sobre motocicletas y automóviles.

Por ello es importante conocer el **artículo 18 del Real Decreto 1367/2007**, el cual trata la emisión de ruidos de vehículos a motor y ciclomotores. Dice lo siguiente:

1. Los vehículos de motor y ciclomotores en circulación deberán corresponder a tipos previamente homologados en lo que se refiere a niveles sonoros de emisión admisibles, de acuerdo con la reglamentación vigente:
 - **Real Decreto 2028/1986**, se dictan normas para la aplicación de determinadas directivas comunitarias relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles. Tendrá por objeto de reglamentación:
 - Nivel sonoro admisible.
 - Dispositivo de escape de motocicletas.
 - Silenciosos de recambio.
 - **Real Decreto 1439/1972** de homologación de vehículos automóviles en lo que se refiere al ruido producido por ellos.

2. Sin perjuicio de lo establecido en la disposición adicional primera (explicada a continuación), el valor límite del nivel de emisión sonora de un vehículo de motor o ciclomotor en circulación se obtiene sumando 4 db(A) al nivel de emisión sonora que figura en la ficha de homologación del vehículo, correspondiente al ensayo a vehículo parado, evaluado de conformidad con el método de medición establecido en el procedimiento de homologación aplicable al vehículo, de acuerdo con la reglamentación vigente.

3. Todos los conductores de vehículos de motor y ciclomotores quedan obligados a colaborar en las pruebas de control de emisiones sonoras que sean requeridas por la autoridad competente, para comprobar posibles incumplimientos de los límites de emisión sonora.

Disposición adicional primera

Si la ficha de características de un vehículo no indica el nivel de emisión sonora para el ensayo a vehículo parado, éste se determinará:

- a) Si se trata de un ciclomotor, el nivel de emisión sonora será de 87 dB(A).
- b) Para los vehículos de motor, la inspección técnica deberá dictaminar :
 - Que el vehículo se encuentra en perfecto estado de mantenimiento.
 - El nivel de emisión sonora para el ensayo a vehículo parado siguiendo el procedimiento reglamentariamente establecido, el nivel de emisión sonora obtenido en dicho procedimiento será el que se considerará para determinar el valor límite de emisión aplicable al vehículo.

6.2.1.- Instrumentación de medida

- Sonómetro de tipo 1 debidamente calibrado que cumpla con el certificado oficial de calibración.
- Calibrador piezoeléctrico o pistófono que se adecúe al sonómetro en cuestión.
- Cable para extensión del micrófono del sonómetro con una longitud que permita el manejo de la operación del mismo (unos tres metros).
- Protector de micrófono contra el viento.

- Trípode para uso del micrófono o equipo receptor.
- Tacómetro de pulsación con precisión de 50 r.p.m. para los vehículos de motor se acepta el uso del equipo incluido en el tablero de control.

6.2.2.- Vehículos a motor

Condiciones generales del lugar de medida

- Deben evitarse zonas excesivamente ruidosas.
- El ruido de fondo tendrá que ser, como mínimo, 10 dB(A) inferior a los niveles medidos en las pruebas.
- No se realizarán medidas con condiciones meteorológicas inestables: viento fuerte (5m/s) o lluvia, temperaturas excesivamente bajas o elevadas, humedad ambiental...
- Si se coloca pantalla anti-viento, se debe tener en cuenta sobre la sensibilidad del micrófono.

Procedimiento de medida

1. Determinación de la zona de medida

- a) La zona de medida no debe estar sujeta a perturbaciones acústicas importantes.
- b) La superficie debe ser plana y estar pavimentada.
- c) Tendrá la forma de un rectángulo cuyos lados estarán como mínimo a tres metros de los puntos extremos de la motocicleta (excluido el manillar).
- d) En su interior no debe haber ningún obstáculo importante ni persona distinta del observador y el conductor con el fin de no distorsionar la medida.

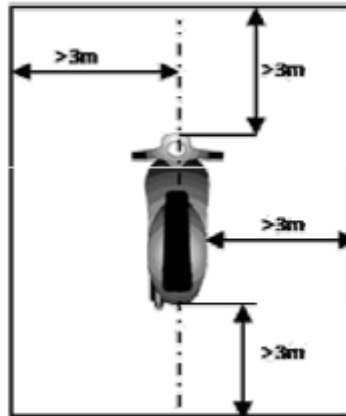


Figura 6.3 Distancias en la zona de medida.

2. Las **posiciones del micrófono** deben cumplir las siguientes condiciones:

- La altura del micrófono sobre el suelo debe de ser igual a la del orificio de salida de los gases de escape, pero nunca inferior a 0.2 metros.
- La membrana del micrófono debe ser orientada hacia el orificio de salida de los gases y colocada a una distancia de 0.5 metros.
- El eje de sensibilidad máxima del micrófono debe ser paralelo al suelo y formar un ángulo de $45^{\circ} \pm 10^{\circ}$ con el plano vertical en el que se inscribe la dirección de salida de los gases.
- Si el vehículo tiene un escape con dos o varias salidas espaciadas entre sí menos de 0.3 metros y conectadas al mismo silenciador, se hace una única medida, el micrófono se colocará en relación a la salida más próxima a uno de los bordes extremos del vehículo o a la salida situada en la posición más alta sobre el suelo.
- Si el vehículo tiene una salida de escape vertical, el micrófono se colocará a la altura de la salida. Su eje debe ser vertical y dirigido hacia arriba, debe estar situado a 0.5 metros del lado más próximo a la salida de escape.
- Si el vehículo tiene un escape de varias salidas espaciadas entre sí más de 0.3 metros, se hace una medición para cada salida, como si fuera la única, y se considera el valor más elevado.

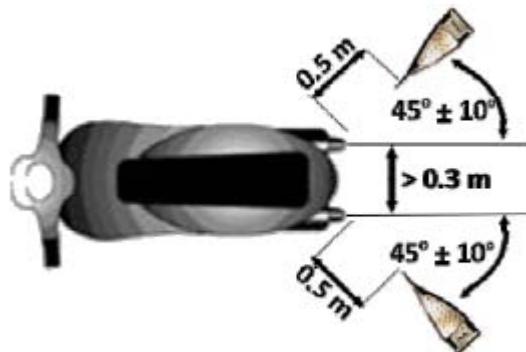


Figura 6.4. Posición del micrófono.

3. Régimen del motor

- El régimen del motor se estabilizará después de acelerar suavemente a:
 - $S/2$ si $S > 5000$ r.p.m.
 - $3/4 S$ si $S < 5000$ r.p.m.

Siendo S , el régimen al que se produce la potencia máxima.

- El vehículo se probará una vez que haya alcanzado su temperatura de funcionamiento normal, con la caja de cambios en punto muerto.
- Si es automático, se colocará sobre unos apoyos para que las ruedas giren libremente.
- Si la ficha de homologación del vehículo posee niveles de referencia: se mide durante un periodo en el cual el motor se mantendrá brevemente en un régimen de giro estabilizado a las revoluciones que indica la ficha de homologación, y durante todo el periodo de desaceleración hasta el régimen de ralentí.

4. Desarrollo del ensayo

1. Alcanzar el régimen estabilizado.
2. Llevar el acelerador rápidamente a la posición de ralentí.
3. Se mide el nivel sonoro durante :
 - El régimen estabilizado.

- La desaceleración.
- 4. Se considerará el mayor valor indicado por el sonómetro.
- 5. Se tomarán como mínimo tres medidas en cada uno de los puntos.
 - Si el vehículo tiene dos tubos de escape separados más de 0.3 m (6).
- 6. La diferencia entre ellas no deberá ser superior a 2 dB(A).
- 7. Si no es así, se deberá realizar la prueba de nuevo.
- 8. Se considerará el valor más alto obtenido de las mediciones.
- 9. En ciclomotores se considerará la medida de las tres mediciones.

5. Evaluación de resultados

1. El valor a considerar en cada medida es el valor L_{AFmax} de lectura.
2. Se realizan tres medidas seguidas.
3. Los valores medidos se redondearán al decibelio más próximo.
4. Se considerará como nivel de emisión L_E del vehículo objeto de inspección el valor más alto obtenido en las medidas (máximo de los L_{AFmax} siempre y cuando las diferencias entre ellas sean inferiores a 2 dB(A)).
5. El nivel de emisión L_E obtenido se comparará con el nivel límite L_{LIM} obtenido a partir del nivel de referencia L_{REF} correspondiente al modelo del vehículo de acuerdo con su acta de homologación más 4 dB(A).

$L_E \leq L_{LIM}$ La emisión se considerará legal.

$L_E \geq L_{LIM}$ La emisión se considerará no legal.

6.3.- Real Decreto 1439/1972

Para aquellos vehículos matriculados antes del año 2003 que carecen del nivel de referencia en la ficha de homologación.

Determinación de la zona de medida

- a) La zona no debe presentar perturbaciones importantes en el campo sonoro como consecuencia de la cercanía de muros, plantas, etc.
- b) Debe estar constituida por un espacio abierto de 50 metros de radio cuya parte central de 20 metros de radio como mínimo deberá estar recubierta de hormigón, asfalto o de otro material duro, de carácter no absorbente.

Posiciones del micrófono

- El micrófono se colocará a 7 metros de distancia del vehículo y a 1.2 metros de altura sobre el nivel del suelo.
- El micrófono se colocará con su eje longitudinal perpendicular al eje longitudinal del ciclomotor en su punto medio.
- Se evitará en particular situar el micrófono del sonómetro a menos de un metro de cualquier bordillo.
- El resultado será el valor más alto de las tres medidas obtenidas, siempre y cuando las diferencias entre ellas sean inferiores a 2 dB(A).

Posición y preparación

- El vehículo se colocará en el centro de la zona de ensayo, con el selector de velocidades en punto muerto y el motor embragado.
- Si sus características no lo permiten, se medirá con el vehículo apoyado de manera que se permita el giro libre de la/s rueda/s motriz.
- Antes de cada serie de medidas se debe poner el motor en sus condiciones normales de funcionamiento.

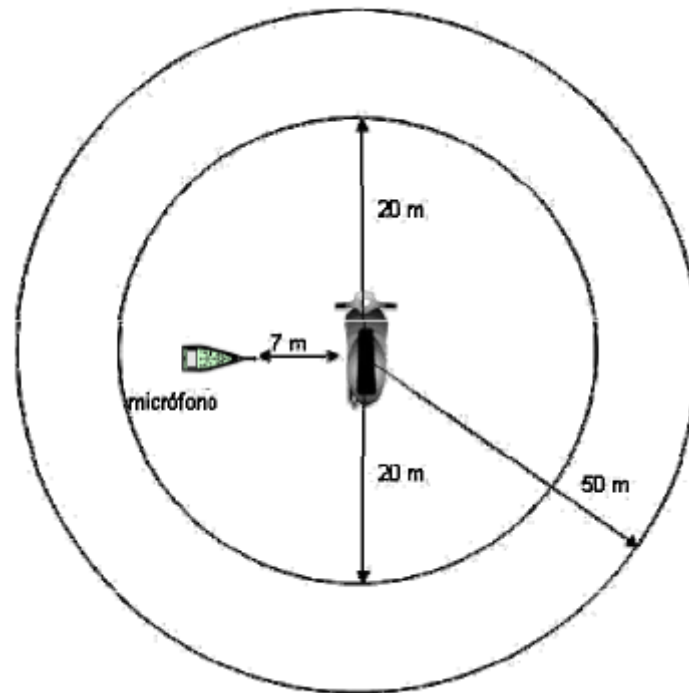


Figura 6.5. Zona de medida y posición del micrófono.

Régimen del motor

- 1) El régimen del motor se estabilizará $\frac{3}{4}$ del régimen al que se produce la potencia máxima ($\frac{3}{4}$ S).
- 2) Una vez alcanzado el régimen estabilizado, se llevará rápidamente el mando de aceleración a la posición de ralentí.
- 3) El nivel sonoro resultante de la medición será el L_{AFmax} (Nivel sonoro máximo con ponderación frecuencial A y ponderación temporal Fast) medido durante el período de funcionamiento $T = T_e + T_d$ donde:

T_e : breve espacio de tiempo a régimen estabilizado.

T_d : duración total de la deceleración hasta ralentí.

Número de medidas

- Se efectuarán dos medidas como mínimo.
- Las medidas no se considerarán válidas si las diferencias entre los resultados son superiores a 2 dB(A), en cuyo caso, deberán repetirse las medidas.

6.4.- Método aproximado de ``Filtrado``

Por otra parte, resulta muy complicado encontrar áreas de medida que cumplan:

- El micrófono debe colocarse a 7 metros de distancia del vehículo lo que implica que debe disponerse de un área muy amplia libre de perturbaciones sonoras de al menos 20 metros de radio.
- El ruido de fondo debe ser muy bajo dado que para niveles de referencia de 70 dB(A) (que son los valores usuales para estos vehículos) el ruido de fondo debería ser al menos menor o igual a 60 dB(A), algo prácticamente imposible en el entorno urbano.
- Los agentes deben colocarse muy lejos del vehículo objeto de inspección con los siguientes problemas operativos que ello conlleva.

Ante estas dificultades se propone un método alternativo ``aproximado`` que da información viable sobre aquellos casos en los que debe efectuarse una medida más precisa, permitiendo de esta manera simplificar el procedimiento sin pérdida relevante de rigor.

- Se mide conforme al procedimiento de la directiva (45°/50 cm) utilizando los siguientes valores de referencia: **5000 rpm / 91 dB(A)**.
- En la mayoría de los casos si el ciclomotor no supera estos valores puede considerarse que estará en ``situación legal``.
- Si el vehículo objeto de inspección supera estos valores debería realizarse las mediciones de acuerdo con el procedimiento establecido en el Decreto.

IMPORTANTE:

- Este método tiene **carácter orientativo**, no legal.
- No existe una correlación posible entre el método de la Directiva (45°/50 cm) y el Reglamento Nacional (7 m).

7.- Informe de medida

1. Objeto.

El objeto de este protocolo es la realización del ensayo, posterior informe técnico, valoración de los resultados y la certificación de cumplimiento de las normas de calidad e inspección acústica de los vehículos de tracción mecánica y por maquinaria, en base a la Normativa.

2. Normativa de referencia.

- Ley 37/2003 del Ruido de 17 de noviembre, del Ruido (BOE número 276, de 18.11.2003).
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, norma que ha sido aprobada a propuesta de los Ministerios de Medio Ambiente y de Sanidad y Consumo (BOE núm. 254, de 23.10.2007).
- Orden de 16 de diciembre de 1998, por la que se regula el control meteorológico del Estado sobre los instrumentos destinados a medir niveles de sonido audible.
- Ordenanza de Protección del Medio Ambiente en materia de Ruidos y Vibraciones de la ciudad de Sevilla B.O.P. nº 229/2005.
- Reglamento núm. 51 sobre homologación en lo referente al ruido. Medida de niveles sonoros producidos por vehículos a motor. Anexo 3: Medidas y aparatos de medida del ruido producido por vehículos a motor. BOE nº119 de 19 de mayo de 1982.
- Reglamento nº 51 sobre prescripciones uniformes relativas a la homologación de los automóviles que tienen al menos cuatro ruedas, en lo que concierne al ruido; anejo al acuerdo relativo al cumplimiento de condiciones uniformes de homologación y reconocimiento recíproco de la homologación de equipos y piezas de vehículos de motor, hecho en Ginebra el 20 de marzo de 1958 (R. 1962, 7;R. 1977, 2158 y N. Dicc. 25035). BOE nº 148 de 22 de junio de 1983.

3. Condiciones del entorno.

Las medidas se realizarán sobre un terreno despejado donde el ruido ambiental y el ruido del viento sean inferiores al menos en 10 dB(A) al ruido a medir. Podrá tratarse de un espacio abierto de 50 metros de radio cuya parte central, de 10 metros de radio como mínimo, debe ser prácticamente horizontal y estar constituida por cemento, asfalto o material similar y no debe estar cubierto de nieve en polvo, hierbas altas, tierras blandas, cenizas o materiales análogos. En el momento del ensayo no debe encontrarse en la zona de medida ninguna persona a excepción del observador y del conductor, cuya presencia no debe perturbar el resultado de la medida.

Las medidas no se realizarán en condiciones meteorológicas desfavorables ($v \leq 3$ m/s). Si se utiliza una protección contra viento, se tendrá en cuenta su influencia sobre la sensibilidad y las características direccionales del micrófono. Los valores pico de medida que no tengan relación con las características del nivel sonoro general de la motocicleta no serán tomados en consideración en la lectura.

Condiciones del vehículo

Se realizarán las medidas con la motocicleta ocupada solamente por el conductor.

Los neumáticos de la motocicleta deberán ser de las dimensiones prescritas y estar inflados a la presión/es conveniente/es para la motocicleta no cargada. Antes de proceder a las medidas, el motor deberá alcanzar sus condiciones normales de funcionamiento en lo que se refiere a:

- Las temperaturas.
- El reglaje.
- El carburante

4. Instrumentación de medida.

Se utilizará un sonómetro de alta precisión.

La velocidad de rotación del motor y la velocidad de la motocicleta en la pista de ensayos serán medidas con aparatos independientes, cuya precisión será tal que la cifra obtenida no se desvíe más del 3% de la velocidad efectiva.

Además de los anteriores se utilizarán equipos auxiliares tales como: trípode, estación meteorológica (medidas de presión atmosférica, humedad relativa, temperatura y medida de velocidad del viento).

El tacómetro PCE-AT 5 que usaremos sirve para medir las revoluciones del motor, la pinza de dicho tacómetro se deberá conectar con el cable de la bujía del motor. Dispone de diversos modos de medición para diferentes tipos de motores tanto de 2 tiempos (1 y 4 cilindros), como de 4 tiempos (1,6, y 8 cilindros), se dispone de un cable para la antena que puede resultar ser necesario.

Tiene un amplio rango de medida y de alta resolución.

Tacómetro digital LCD y dispone de retroiluminación de la pantalla.

Especificaciones

Pantalla LCD, 6 dígitos.

Precisión de ± 10 rpm.

Mostrará las rpm en un intervalo de 0.5 segundos.

Dimensiones (L X W X H) 156 mm x 42 mm x 20 mm.

Peso 177g.

Accesorios cable de la antena y sujeción.

Contador de pulsos.

Suministro de energía con una batería de 9V.

Temperatura de operación entre 0°C y 50°C.

Tabla que clasifica el rango de medida en función de los tiempos y cilindros.

Motor		Rango de RPM
Tiempos	Cilindros	
2	1	100-2000
4	2	
4	3	100-13000
2	2	100-10000
4	4	
2	3	100-6500
4	6	
4	1	100-20000
4	5	100-7000
2	4	100-4800
4	8	



Foto del tacómetro utilizado en el ensayo.

5. Datos del vehículo.

5.1 Matrícula.

5.2 Número de bastidor.

5.3 Marca del vehículo.

5.4 Modelo del vehículo.

- 5.5 Tipo de combustible.
- 5.6 Año de matriculación.
- 5.7 Nivel de referencia (L_{ref}).

6. Datos del operario.

- 6.1 Nombre y apellidos:
- 6.2 Identificación:

7. Ensayos realizados y mediciones.

Se realizarán tres medidas como mínimo en cada punto de medición. No se considerarán válidas si las diferencias entre los resultados en cada punto de las tres medidas hechas inmediatamente una detrás de otra, son superiores a 2 dB(A). El valor más alto obtenido en las medidas, se considerará como resultado de la medida.

La altura del micrófono por encima del suelo deberá ser igual a la del orificio de salida de los gases de escape, con un valor mínimo de 0,2 metros. La membrana del micrófono se debe orientar hacia el orificio de salida de gases y se colocará a una distancia de 0,5 metros de este último. El eje de sensibilidad máxima del micrófono debe ser paralelo al suelo y formar un ángulo de 45° (10° con el plano vertical donde se inscribe la dirección de salida de los gases).

8. Resultados.

El valor final a considerar será el que corresponda al mayor de los niveles sonoros máximos registrados. En el caso en que dicho valor supere en 1 dB(A) el nivel máximo admisible para la categoría a la que pertenece la motocicleta en ensayo, se procederá a una segunda serie de medidas. Se considerará, entonces, que la motocicleta no rebasa el

límite máximo admisible cuando tres de los cuatro resultados del nivel de presión sonora máximo así obtenidos, estén dentro de dicho límite.

9. Medidas adoptadas.

Informe 1: Automóvil Mini Cooper

1. Objeto.

El objeto de este protocolo es la realización del ensayo, posterior informe técnico, valoración de los resultados y la certificación de cumplimiento de las normas de calidad e inspección acústica de los vehículos de tracción mecánica y por maquinaria, en base a la Normativa.

2. Normativa de referencia.

Ensayo realizado según la ISO 5130 y por ser un vehículo con fecha de matriculación posterior al 2003 se aplicará la Directiva 97/24.

La zona de ensayo cumplía los requisitos necesarios para realizar la medición:

- Una superficie libre y pavimentada superior a 3 metros (tanto en los laterales como en la parte trasera y delantera) y
- Libre de objetos que pudieran obstaculizar la medida.
- Viento inferior a 5 m/s.
- Altura del micrófono mayor que 0.2 metros.

3. Condiciones del entorno.

La medida ha sido realizada en una zona de suelo pavimentado, y con unas condiciones climatológicas favorables con una temperatura media de 34,4°C, un 27% de humedad relativa y una presión de 954 milibares siendo la velocidad del viento de 0,4 m/s.



Foto1. Posición del sonómetro a 45°.

4. Instrumentación de medida.

Sonómetro, tacómetro, metro y brújula, además de haberse utilizado una estación meteorológica.

5. Datos del vehículo.

- a. Matrícula: 1279 BNM
- b. Número de bastidor.
- c. Marca del vehículo: Mini
- d. Modelo del vehículo: Cooper
- e. Tipo de combustible: gasolina
- f. Año de matriculación: 2003
- g. Nivel de referencia (L_{ref}): 90

6. Datos del operario.

- a. Nombre y apellidos: Carlos Soriano Benito
- b. Identificación: Grupovac



Foto2. Prueba de medición de los dB(A).

7. Ensayos realizados y mediciones.

Se ha realizado un ensayo de acuerdo con la Norma ISO 5130 (explicada en el anexo 2), y realizándose las tres mediciones siguientes:

Medida	$L_{AFm\acute{a}x}$ dB(A)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Presión (mb)
1	83	34,4	25	954
2	82,1	34,4	24	954
3	83,3	34,4	25	953

Tabla 7.1. Datos obtenidos en el ensayo sobre el Mini Cooper.

8. Resultados.

Hay que recordar que la medida sólo será válida cuando ésta sea mayor de 10 dB(A) en comparación con el ruido de fondo, que en nuestro caso era de 49,6 dB(A).

Como no existe una diferencia de más de 2 dB(A) entre las medidas, podemos considerar el ensayo como válido y el valor a considerar será $L_{AFm\acute{a}x}$: 83,3 dB(A) por ser el valor más alto de los obtenidos.

9. Medidas adoptadas.

Ninguna, porque el resultado cumple $L_E \leq L_{LIM} = L_{REF} + 4$ dB(A) por lo que es una emisión legal.



Foto 3 y 4. En la primera foto el tacómetro nos muestra las rpm y en la segunda vemos que está conectado al cable de la bujía.

Informe 2: Automóvil Renault 21

1. Objeto.

El objeto de este protocolo es la realización del ensayo, posterior informe técnico, valoración de los resultados y la certificación de cumplimiento de las normas de calidad e inspección acústica de los vehículos de tracción mecánica y por maquinaria, en base a la Normativa

2. Normativa de referencia.

Por ser un vehículo con fecha de matriculación anterior al 2003 el ensayo se ha realizado según el procedimiento desarrollado por el Real Decreto 1439/1972 de 25 de mayo.

Por otro lado el Renault 21 tiene su año de matriculación en 1988 por lo que se le aplica otro método de medición:

- El cual exige que tenga 20 metros de radio pavimentado libre de objetos que obstaculicen la medición.
- La posición del sonómetro será de más de 1,2 metros de altura y perpendicular al lateral del vehículo a una distancia de 7 metros.

3. Condiciones del entorno.

La medida ha sido realizada en una zona de suelo pavimentado, y con unas condiciones climatológicas favorables con una temperatura media de 34,4°C, un 27% de humedad y una presión de 954 milibares siendo la velocidad del viento de 0,4 m/s. El viento deberá ser menor de 5m/s.

4. Instrumentación de medida.

Sonómetro, tacómetro, metro y brújula, además de haberse utilizado una estación meteorológica.

5. Datos del vehículo.

- a. Matrícula: TE-6157-E
- b. Número de bastidor.
- c. Marca del vehículo: Renault
- d. Modelo del vehículo: 21
- e. Tipo de combustible: gasolina
- f. Año de matriculación: 1988
- g. Nivel de referencia (L_{ref}): 81

6. Datos del operario.

- a. Nombre y apellidos: Carlos Soriano Benito
- b. Identificación: Grupovac

7. Ensayos realizados y mediciones.

Se ha realizado un ensayo de acuerdo con la ISO 5130 (explicitada en el anexo 2), y realizándose las tres mediciones siguientes:

Medida	$L_{AFm\acute{a}x}$ dB(A)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Presión (mb)
1	71,9	35	25	952
2	71,5	34,4	26	952
3	73,9	34,4	26	952

Tabla 7.2 nos indica los datos de las 3 mediciones del ensayo realizado en el Renault 21.

8. Resultados.

Hay que recordar que la medida sólo será válida cuando ésta sea mayor de 10 dB(A) en comparación con el ruido de fondo, que en nuestro caso era de 63 dB(A).

Además de no existir una diferencia de más de 2 dB(A) entre las medidas.

Por lo tanto el resultado a considerar será $L_{AFm\acute{a}x}$: 73,9 dB(A) por ser el valor mas alto obtenido.

9. Medidas adoptadas.

Ninguna, porque el resultado cumple $L_E \leq L_{LIM} = L_{REF} + 4$ dB(A) por lo que es una emisión legal.



Foto 5. Ensayo de un vehículo de matriculación previa al año 2003.

Informe 3: Motocicleta GSX-R600

1. Objeto.

El objeto de este protocolo es la realización del ensayo, posterior informe técnico, valoración de los resultados y la certificación de cumplimiento de las normas de calidad e inspección acústica de los vehículos de tracción mecánica y por maquinaria, en base a la Normativa.

2. Normativa de referencia.

Ensayo realizado según la ISO 5130 y por ser un vehículo con fecha de matriculación posterior al 2003 se aplicará la Directiva 97/24.

La zona de ensayo cumplía los requisitos necesarios para realizar la medición:

- Una superficie libre y pavimentada superior a 3 metros (tanto en los laterales como en la parte trasera y delantera) y
- Libre de objetos que pudieran obstaculizar la medida.
- Viento inferior a 5 m/s.
- Altura del micrófono mayor que 0.2 metros.

3. Condiciones del entorno.

La medida ha sido realizada en una zona de suelo pavimentado, y con unas condiciones climatológicas favorables con una temperatura media de 36°C, un 27% de humedad y una presión de 954 milibares siendo la velocidad del viento de 3.4 m/s. El viento deberá ser menor de 5m/s.



Foto 6. Sonómetro durante el ensayo de medición de la motocicleta.

4. Instrumentación de medida.

Sonómetro, tacómetro, metro y brújula, además de haberse utilizado una estación meteorológica.

5. Datos del vehículo.

- a. Matrícula: 8681 GTZ
- b. Número de bastidor: JS16V111100108569
- c. Marca del vehículo: Suzuki
- d. Modelo del vehículo: GSX-R600
- e. Tipo de combustible: gasolina
- f. Año de matriculación: 2010
- g. Nivel de referencia (L_{ref}): 91 dB(A)

6. Datos del operario.

- a. Nombre y apellidos: Carlos Soriano Benito
- b. Identificación: Grupovac

7. Ensayos realizados y mediciones.

Se ha realizado un ensayo de acuerdo con la ISO 5130 (explicitada en el anexo 2), y realizándose las tres mediciones siguientes:

Medida	$L_{AFm\acute{a}x}$ dB(A)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Presión (mb)
1	88.3	36	31	954
2	88.5	36	31	954
3	89.6	36	31	954

Tabla 7.3. Contiene los datos del ensayo de la motocicleta Suzuki GSX-R600.

8. Resultados.

Hay que recordar que la medida sólo será válida cuando ésta sea mayor de 10 dB(A) en comparación con el ruido de fondo, que en nuestro caso era de 51.7 dB(A).

Además no existe una diferencia de más de 2 dB(A) entre las medidas

Por lo tanto el resultado a considerar será $L_{AFm\acute{a}x}$: 89.6 dB(A) por ser el valor obtenido más alto.

9. Medidas adoptadas.

Ninguna, porque el resultado cumple $L_E \leq L_{LIM} = L_{REF} + 4 \text{ dB(A)}$ por lo que es una emisión legal.



Foto 7. Sonómetro y tacómetro durante el ensayo de medición.

8.- Medidas

Medidas del vehículo Mini Cooper

En la tabla observamos la medida del ruido de fondo además de las tres medidas realizadas.

Rango	30,2 / 110,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 07	16:07:49		
Tiempo Transcurrido	0:00:39		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	0		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	0		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	
Lpk(PMáx)	67,5	74,1	
Leq	43,9	59	
LEP,d(7:30)	43,6		
LE(SEL)	59,8		
LIm	45,8	61,7	
Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMáx	46,4	49,6	52
LAMín	41,4	40,6	41,7
LATm3	45	46,5	48,2
LATm5	45,4	47,1	49
LCMáx	61,5	66,5	69,4
LCMín	57,4	55,6	58,2
LCTm3	59,7	61,9	63,9
LCTm5	59,6	61,3	63
LAF10,0	45,6		

LAF50,0	43,4		
LAF90,0	41,4		
LAF95,0	41,2		
LAF99,0	41		
Fecha de Paro	2010 Jul 07		
Hora de Paro	16:08:28		
Fichero :0002,S3B	MINI_1		
Configuración:			
Rango	50,2 / 130,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 07	17:06:28		
Tiempo Transcurrido	0:02:43		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	0		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	2		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	
Lpk(PMáx)	97,8	106,3	
Leq	75,1	88,4	
LEP,d(7:30)	74,9		
LE(SEL)	97,3		
Llm	75,9	89,3	
Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMáx	80,1	83	84,8
LAMín	57,4	56,1	57,1
LATm3	75,8	76,5	77,6
LATm5	76,2	76,9	78,3
LCMáx	94,1	96,5	98,1
LCMín	83,6	81,7	83,7

LCTm3	89	89,9	90,9
LCTm5	89,4	90,7	91,7
	dB		
LAF10,0	78,8		
LAF50,0	71,8		
LAF90,0	57,6		
LAF95,0	57,4		
LAF99,0	56,8		
Fecha de Paro	2010 Jul 07		
Hora de Paro	17:09:11		
Fichero :0003,S3B	Mini_2		
Configuración:			
Rango	50,2 / 130,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 07	17:15:33		
Tiempo Transcurrido	0:00:37		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	0		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	0		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	
Lpk(PMáx)	98	104,2	
Leq	75,7	87,3	
LEP,d(7:30)	75,4		
LE(SEL)	91,4		
LIm	76,6	89,3	
Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB

LAMáx	79,5	82,1	83,1
LAMín	59,4	56,9	61,4
LATm3	76,6	77,3	78,2
LATm5	77,1	78,3	79
LCMáx	94,3	97	98,3
LCMín	83,1	81,7	82,6
LCTm3	89,2	91,1	92,4
LCTm5	89,2	91,3	92,4
	dB		
LAF10,0	77,2		
LAF50,0	76,2		
LAF90,0	60		
LAF95,0	58,6		
LAF99,0	57,4		
Fecha de Paro	2010 Jul 07		
Hora de Paro	17:16:10		
Fichero :0004,S3B	Mini_3		
Configuración:			
Rango	50,2 / 130,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 07	17:18:33		
Tiempo Transcurrido	0:00:35		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	0		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	1		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	

Lpk(PMáx)	96,3	105,7	
Leq	75,9	87,7	
LEP,d(7:30)	75,6		
LE(SEL)	91,4		
LIm	77,2	89,6	
Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMáx	79,8	83,3	85,3
LAMín	64	57,2	68
LATm3	76,9	78,5	79,7
LATm5	77,4	79,3	80,8
LCMáx	94,8	97,5	98,7
LCMín	84,6	83,2	84,5
LCTm3	88,8	90,4	91,7
LCTm5	89,7	91,6	93
	dB		
LAF10,0	77		
LAF50,0	76,4		
LAF90,0	68		
LAF95,0	60		
LAF99,0	57,4		
Fecha de Paro	2010 Jul 07		
Hora de Paro	17:19:08		

Tabla 8.1. Nos indica las medidas obtenidas con el sonómetro en el Mini Cooper.

Medidas del vehículo Renault 21

El ruido de fondo es de 63 dB(A).

	Medida R21_7m_lateral		
Configuración:			
Rango	50,2 / 130,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 07	17:45:52		
Tiempo Transcurrido	0:00:19		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	0		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	0		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	
Lpk(PMáx)	85,6	87	
Leq	68,3	73	
LEP,d(7:30)	68		
LE(SEL)	81,1		
Llm	68,9	73,9	
Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMáx	71,6	71,9	72,2
LAMín	53	50,7	56,7
LATm3	69,2	69,8	70,3
LATm5	69,2	69,8	70,1
LCMáx	76,1	76,7	77,1
LCMín	67,4	64,9	67,3
LCTm3	73,9	74,7	75,4
LCTm5	73,8	74,5	75,2
	dB		

LAF10,0	71,4		
LAF50,0	68,4		
LAF90,0	53,6		
LAF95,0	51,2		
LAF99,0	50,8		
Fecha de Paro	2010 Jul 07		
Hora de Paro	17:46:11		
Fichero :0009,S3B	Medida R21_7m_lateral		
Configuración:			
Rango	50,2 / 130,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 07	17:46:42		
Tiempo Transcurrido	0:00:14		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	7,1		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	0		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	
Lpk(PMáx)	82,7	88,1	
Leq	67,7	75,1	
LEP,d(7:30)	67,4		
LE(SEL)	79,2		
LIm	69,2	75,9	
Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMáx	70	71,5	73,6
LAMín	56,7	///	58,9
LATm3	69,3	69,8	71,6
LATm5	69,7	70,3	72,5

LCMáx	77,6	78,3	78,7
LCMín	68,6	65,4	70,3
LCTm3	76,7	77,5	77,9
LCTm5	77,1	78	78,3
	dB		
LAF10,0	69,8		
LAF50,0	68,8		
LAF90,0	50,4		
LAF95,0	///		
LAF99,0	///		
Fecha de Paro	2010 Jul 07		
Hora de Paro	17:46:56		
Fichero :0011,S3B	Medida R21_7m_lateral		
Configuración:			
Rango	50,2 / 130,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 07	17:48:04		
Tiempo Transcurrido	0:00:09		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	0		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	0		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	
Lpk(PMáx)	86	88,4	
Leq	71,3	74,4	
LEP,d(7:30)	71		
LE(SEL)	80,8		
LIm	72	75,4	

Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMáx	73,4	73,9	74,3
LAMín	59,5	61,5	61,9
LATm3	72,4	73,1	73,6
LATm5	72,6	73,4	73,9
LCMáx	76,4	77,7	78,5
LCMín	68,6	66,5	70,2
LCTm3	75,5	76,5	77,2
LCTm5	76,4	77,7	78,5
	dB		
LAF10,0	73,4		
LAF50,0	71,4		
LAF90,0	63,8		
LAF95,0	62,6		
LAF99,0	61,2		
Fecha de Paro	2010 Jul 07		
Hora de Paro	17:48:13		

Tabla 8.2. Nos indica las medidas obtenidas con el sonómetro en el Renault 21.

Condiciones meteorológicas

Fecha	Hora	Temperatura	Humedad	Presión	Dirección viento	Velocidad viento
07/07/2010	16:11	32,8	27	954	45	0,4
07/07/2010	16:12	32,8	27	954	45	0
07/07/2010	16:13	32,8	29	954	45	0,4
07/07/2010	16:14	32,8	27	954	67	0,4
07/07/2010	16:15	32,8	27	954	45	0,4
07/07/2010	16:16	32,8	27	954	45	0
07/07/2010	16:17	32,8	27	954	45	0
07/07/2010	16:18	32,8	29	954	45	0,9
07/07/2010	16:19	33,3	27	954	45	0,4
07/07/2010	16:20	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:21	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:22	33,3	28	954	45	0
07/07/2010	16:23	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:24	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:25	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:26	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:27	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:28	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:29	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:30	33,3	28	954	45	0
07/07/2010	16:31	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:32	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:33	33,3	27	954	247	0,4
07/07/2010	16:34	33,3	26	954	247	0
07/07/2010	16:35	33,3	26	954	45	0,4
07/07/2010	16:36	33,3	26	954	45	0
07/07/2010	16:37	33,3	27	954	22	0
07/07/2010	16:38	33,3	27	954	22	0
07/07/2010	16:39	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:40	33,3	27	954	45	0
07/07/2010	16:41	33,3	27	954	67	0
07/07/2010	16:42	33,3	27	954	90	0
07/07/2010	16:43	33,3	28	954	90	0
07/07/2010	16:44	33,3	27	954	67	0
07/07/2010	16:45	33,3	27	954	67	0
07/07/2010	16:46	33,3	27	954	67	0
07/07/2010	16:47	33,3	27	954	67	0

07/07/2010	16:48	33,9	26	954	67	0
07/07/2010	16:49	33,3	26	954	67	0
07/07/2010	16:50	33,9	27	954	45	0,4
07/07/2010	16:51	33,9	26	953	67	1,8
07/07/2010	16:52	33,3	26	953	67	0
07/07/2010	16:53	33,9	27	953	67	0
07/07/2010	16:54	33,9	26	953	67	0
07/07/2010	16:55	33,9	27	953	67	0
07/07/2010	16:56	33,9	27	953	67	0
07/07/2010	16:57	33,9	27	953	45	0,4
07/07/2010	16:58	33,9	26	953	45	0
07/07/2010	16:59	33,9	25	953	45	0
07/07/2010	17:00	33,9	27	953	45	0
07/07/2010	17:01	33,9	26	953	45	0
07/07/2010	17:02	33,9	25	953	45	0
07/07/2010	17:03	33,9	26	953	45	0
07/07/2010	17:04	34,4	26	953	45	0
07/07/2010	17:05	34,4	26	953	45	0
07/07/2010	17:06	34,4	25	953	45	0
07/07/2010	17:07	34,4	26	953	45	0
07/07/2010	17:08	34,4	24	953	45	0
07/07/2010	17:09	34,4	26	953	45	0
07/07/2010	17:10	34,4	26	953	337	0,9
07/07/2010	17:11	34,4	24	953	315	0
07/07/2010	17:12	34,4	24	953	315	0
07/07/2010	17:13	34,4	24	953	315	0
07/07/2010	17:14	34,4	24	953	315	0
07/07/2010	17:15	34,4	24	953	315	0
07/07/2010	17:16	34,4	24	953	45	0,4
07/07/2010	17:17	34,4	24	953	45	0
07/07/2010	17:18	34,4	25	953	0	0
07/07/2010	17:19	34,4	24	953	0	0
07/07/2010	17:20	35	25	953	0	0
07/07/2010	17:21	35	25	952	45	0,4
07/07/2010	17:22	35	25	952	67	0,9
07/07/2010	17:23	34,4	25	952	67	1,3
07/07/2010	17:24	34,4	25	952	67	0
07/07/2010	17:25	34,4	24	952	67	0,4
07/07/2010	17:26	34,4	24	952	67	0
07/07/2010	17:27	34,4	25	952	67	0
07/07/2010	17:28	34,4	24	952	67	0

07/07/2010	17:29	34,4	24	952	67	0
07/07/2010	17:30	34,4	25	952	67	0
07/07/2010	17:31	34,4	24	953	67	0
07/07/2010	17:32	34,4	25	953	67	0
07/07/2010	17:33	34,4	25	953	67	0
07/07/2010	17:34	34,4	25	953	67	0
07/07/2010	17:35	34,4	25	953	67	0
07/07/2010	17:36	34,4	25	953	67	0
07/07/2010	17:37	34,4	24	953	90	0
07/07/2010	17:38	34,4	25	953	202	0
07/07/2010	17:39	34,4	24	953	202	0
07/07/2010	17:40	34,4	24	953	202	0
07/07/2010	17:41	35	25	952	202	0
07/07/2010	17:42	35	25	952	202	0
07/07/2010	17:43	34,4	24	952	202	0
07/07/2010	17:44	35	25	952	202	0
07/07/2010	17:45	35	25	952	202	0
07/07/2010	17:46	34,4	26	952	202	0
07/07/2010	17:47	34,4	26	952	202	0
07/07/2010	17:48	35	25	952	225	0
07/07/2010	17:49	34,4	23	952	270	0
07/07/2010	17:50	33,9	23	952	270	0

Tabla 8.3. Nos muestra las condiciones meteorológicas durante el ensayo.

Medidas de la GSX-R600

Rango	50,2 / 130,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 08	13:14:55		
Tiempo Transcurrido	0:00:17		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	0		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	15		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	
Lpk(PMáx)	101	109	
Leq	84,2	98,6	
LEP,d(7:30)	83,9		
LE(SEL)	96,5		
LIm	84,9	99,6	
Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMáx	88	88,3	88,5
LAMín	62,9	///	70,9
LATm3	84,6	85,4	85,9
LATm5	85,7	86,7	87,1
LCMáx	101,7	103,6	104,6
LCMín	68,8	66	73,7
LCTm3	99,2	100,8	101,8
LCTm5	100,7	101,8	102,9
	dB		
LAF10,0	87,8		
LAF50,0	80,4		
LAF90,0	77,4		
LAF95,0	58,2		

LAF99,0	///		
Fecha de Paro	2010 Jul 08		
Hora de Paro	13:15:12		
Rango	50,2 / 130,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 08	13:15:19		
Tiempo Transcurrido	0:00:14		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	0		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	13		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	
Lpk(PMáx)	99,9	109,2	
Leq	84,9	99,4	
LEP,d(7:30)	84,7		
LE(SEL)	96,4		
LIm	85,6	100,5	
Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMáx	88,1	88,5	89,2
LAMín	78,7	78,2	78,7
LATm3	85	86,1	86,7
LATm5	85	86,2	87
LCMáx	101,6	104	104,7
LCMín	96,8	96,3	97
LCTm3	99,7	101,1	101,8
LCTm5	99,9	102	102,7
	dB		
LAF10,0	88		

LAF50,0	82		
LAF90,0	78,6		
LAF95,0	78,4		
LAF99,0	78,4		
Fecha de Paro	2010 Jul 08		
Hora de Paro	13:15:33		
Rango	50,2 / 130,2 dB		
Incidencia Sonora	Aleat,		
Picos Sobre	105,0 dB		
Resultados Globales:			
2010 Jul 08	13:15:41		
Tiempo Transcurrido	0:00:15		
Número de Pausas	0		
Saturación	0		
Subgama	0		
Número de Picos (A)	0		
Número de Picos (C)	12		
Pond, Frecuencial:	A	C	
	dB	dB	
Lpk(PMáx)	100,1	109,1	
Leq	84,4	99,1	
LEP,d(7:30)	84,1		
LE(SEL)	96,1		
Llm	85,4	100,1	
Pond, Temporal:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMáx	88,5	89,6	90,3
LAMín	78,4	78	78,4
LATm3	86,2	87	87,8
LATm5	86,6	87,7	88,3
LCMáx	101,8	103,7	104,2
LCMín	96,3	95,3	96,5
LCTm3	100,1	101,2	101,9
LCTm5	100,5	101,8	102,6

	dB		
LAF10,0	88,2		
LAF50,0	79,6		
LAF90,0	78,4		
LAF95,0	78,2		
LAF99,0	78,2		
Fecha de Paro	2010 Jul 08		
Hora de Paro	13:15:56		

Tabla 8.4 medidas obtenidas del ensayo en la motocicleta.

9.- Conclusiones

En primer lugar y analizando los datos del instituto nacional de estadística se puede asegurar que el ruido generado por el tráfico es el que más molesta a día de hoy, siendo a su vez un problema de alto riesgo para la salud. Aproximadamente el 20% de la población europea sufre niveles de ruido que se consideran inaceptables, produciendo perturbaciones en el sueño y otros efectos nocivos para la salud, en los casos más extremos puede llegar a producir infartos u otras patologías cardíacas.

Alrededor de 170 millones de personas viven en las denominadas zonas grises, es decir, soportan ruidos entre 55 y 65 dB(A) durante la mayor parte del día.

Para empezar a estudiar el ruido previamente se han analizado las diferentes causas que lo producen y las distintas situaciones en las que se encuentra, aunque el ruido de tráfico no es el único que produce malestar general en las personas debido a que existen un gran número de fuentes que han sido analizadas y estudiadas en busca de soluciones:

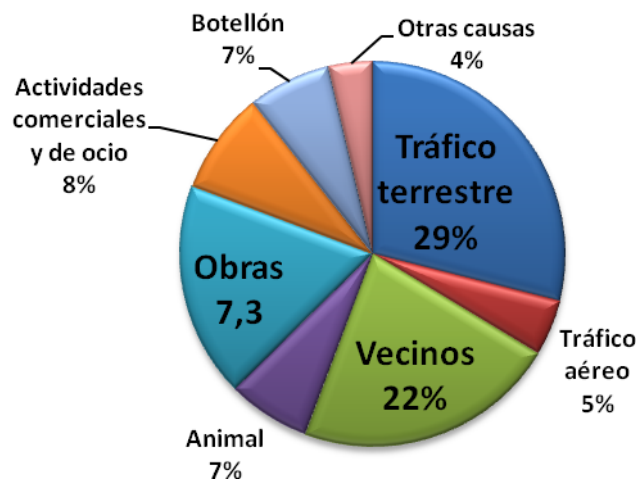


Tabla 9.1. Porcentajes de las diferentes fuentes de ruido.

Pero este proyecto se centra en el ruido que produce el tráfico urbano, ya sean vehículos pesados o ligeros, por carretera o por ciudad, y algunas de las causas más comunes del ruido de tráfico son:

- La cantidad de vehículos con distintas características mecánicas y distinta emisión de ruido y las distintas velocidades de los vehículos.
- El estado del vehículo, del trazado y de la carretera o autopista.
- El flujo del tráfico.

- Las condiciones de propagación sonora desde la vía de circulación al observador.

Otro problema añadido es que la sociedad por lo general está inmersa en el error de creer que el ruido es algo inevitable, y que éste surge como consecuencia del desarrollo y el progreso.

La realización de mapas de ruido mediante el uso del programa Cadna-A y el estudio de la movilidad urbana han facilitado en gran parte la labor a la hora de buscar soluciones satisfactorias y a su vez de viabilidad económica, además de aportar conclusiones realistas y ayudar en las investigaciones actuales para reducir el ruido.

Tras ello se ha pasado al análisis real del ruido generado por vehículos, automóviles y motocicletas, mediante la puesta en práctica de un ensayo real y decidir si dichos vehículos cumplen o no con la normativa actual sobre el ruido.

El ensayo se ha realizado conforme a la norma ISO 5130:2007 y la Directiva 97/24 o el Real Decreto 1439/1972 (en vehículos de matriculación previa al 2003). Para ello empleamos un tacómetro y un sonómetro y tras un análisis exhaustivo observamos que los tres vehículos cumplen con la normativa, pero, también se puede concluir en el caso de la motocicleta, que a pesar de cumplir con la normativa ésta lo hace acercándose al límite impuesto, por lo que si actualmente se impusiera un nuevo procedimiento de medida más restrictivo seguramente gran parte de los vehículos que circulan en nuestras carreteras tendrían muchos problemas para poder reducir su nivel sonoro.

Por último y para disminuir el problema del ruido por tráfico rodado, se han considerado las siguientes soluciones:

- Disminuir el ruido en el sistema o equipo, es decir, en las máquinas, motores, neumáticos...
- Colocar barreras entre la fuente del ruido y las personas, que reducen la percepción del ruido.
- Colocar aislamientos, como los utilizados en los edificios, que disminuirán la recepción del ruido.

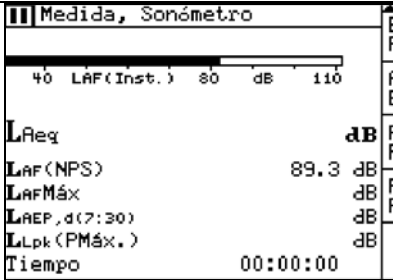
10.-Bibliografía

- Para la realización del proyecto se ha utilizado la bibliografía indicada a continuación:
- ISO 362-2:2009 Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles.
- Diario oficial de la Comunidad Valenciana número 5742 / 15-04-2008
- Master en gestión y evaluación de la contaminación acústica. Control y gestión del ruido ambiental. Universidad de Cádiz.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, del Ruido.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- ISO 5130:2007. Measurements of sound pressure level emitted by stationary road vehicles.
- Libro ``Manual de medidas acústicas y control del ruido`` de Cyril M. Harris.
- Libro manual de Ainair de ``Acústica en cuestiones de diseño``.
- Libro ``La medida del sonido`` de Brüel and Kjaer.
- Página web www.ruidos.org en la que se pueden consultar gran cantidad de temas relacionados con el ruido.
- Página web del Ministerio de Fomento sobre la Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental www.cedex.es/egra/

Anexo 1

Uso del sonómetro Brüel & Kjaer 2260 Tipo 1

Descripción General		
<p>1 – Encendido y Apagado</p> <p>2 – Batería</p> <p>3 – Calibración</p> <p>5 – Recuperar</p> <p>8 – Margen de Medida</p> <p>10 – Configuración</p> <p>12 – Sonómetro</p> <p>14 – Ayuda</p> <p>El usuario puede pulsar la tecla fija nº 14 <i>Ayuda</i>, para obtener una o varias páginas de ayuda relacionadas con la pantalla de trabajo. Una vez en la pantalla de ayuda, al pulsar otra tecla no aparece información de la tecla pulsada</p>		<p>4 – Sistema</p> <p>6 - Imprimir</p> <p>7 – Almacenar</p> <p>9 – Flechas de Movimiento</p> <p>11 – Iniciar/Pausa</p> <p>13 – Borrado/Inicio (Reset)</p> <p>15 – Iluminación Pantalla</p> <p>16 – Ampliar/Reducir Menú</p>
<p>En Marcha (▶) / Pausa (⏸)</p> <p>Margen de Medida</p>	<p><i>Pantalla</i></p> <p>Tipo de Pantalla</p>	<p>Menú Lateral (ampliable)</p>

<p><u>Parámetros Visualizados</u></p>	 <p style="text-align: center;"><u>Niveles</u></p> <p><u>Medidos</u></p>	
<p>NOTAS</p> <p>Los Parámetros Visualizados son 6: un principal y cinco secundarios.</p> <p>Para modificar la visualización de los parámetros debe utilizarse la opción de EDITAR PANTALLA del Menú Lateral. El Parámetro Principal permite seleccionar varios parámetros que se ven sucesivamente pulsando la tecla PP (Parámetro Principal) en el Menú Lateral.</p>	<p>NOTAS</p> <p>La pantalla muestra la indicación del Tipo o Modo de Pantalla: Sonómetro, Dist. de Nivel, Dist. Acumulativa, Perfil y Espectro. Una barra pseudo-analógica con el margen de medida (p.ej. 30 a 110 dB) e indicación instantánea (LAF(inst)).</p> <p>A su lado izquierdo la indicación del estado del sonómetro Marcha (▶) / Pausa ().</p> <p>Los Niveles Medidos se muestran en dB y se actualizan una vez por segundo. La ponderación está definida en el parámetro.</p>	<p>NOTAS</p> <p>Hay 5 teclas de función en el Menú Lateral. Para más opciones pulsar la flecha de movimiento Arriba/Abajo (teclas 9)</p>

1. Uso del Analizador Investigator 2260

1.1. Arranque del Sonómetro

Una vez colocadas las baterías, o bien teniendo el analizador conectado a la red mediante su adaptador correspondiente, pulse la tecla fija 1. Aparecerá el globo de Brüel & Kjaer y el último programa utilizado arrancará, por ejemplo el B7210. El procedimiento de carga dura 30 segundos aproximadamente. Transcurrido ese tiempo, aparece la pantalla *Medida, Sonómetro* del analizador.

Para apagar el equipo, pulse la tecla fija 1. El equipo no se apaga directamente, sino que se pasa primero por la pantalla *Medida, Apagado*. Pulse otra vez la misma tecla para apagar el equipo, o bien pulse la tecla de función *Cancelar* para volver a la pantalla anterior. Consulte el Capítulo 2 del manual del 2260 para más información sobre el encendido y el apagado del equipo.

1.2. Comprobación de las baterías

Cuando se están haciendo medidas en campo, conviene comprobar de vez en cuando el nivel de baterías que está disponible. Para ello, y desde cualquier pantalla, pulse la tecla fija 2, *Batería*. Aparece una pantalla en la que se nos indican tres valores:

- Nivel de Batería: es el voltaje actual de las baterías
- Nivel de Alerta: este valor puede ser ajustado por el usuario y representa el voltaje por debajo del cual aparecerá un mensaje de batería agotada.
- Nivel de Apagado: es un valor fijo por debajo del cual el analizador se apagará automáticamente, perdiéndose los datos que no se hubieran almacenado previamente.

Para más información sobre la comprobación de las baterías, acuda al Capítulo 2 del manual del analizador 2260.

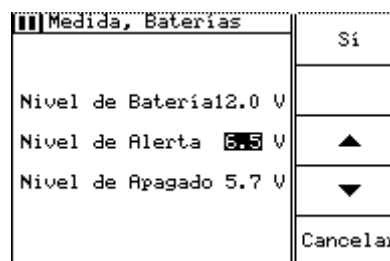


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, nivel de batería.

1.3. Comprobación del programa interno

En el caso de que se tenga más de un programa de aplicación instalado en el analizador, es posible comprobar cuál es de la siguiente manera:

Desde cualquier pantalla, pulse la tecla fija nº4, *Sistema*, y luego la tecla de función *Menú Sistema*. Elija *Aplicaciones*. Aparecerá la pantalla *Sis., Aplicaciones* que nos indica cuál es la aplicación que está actualmente en marcha, por ejemplo:

Aplicación Actual:

Prg. Análisis Sonoro

En la parte inferior de la misma pantalla, se nos indica si hay otras aplicaciones instaladas, p. ej. *Tiempo de Reverberación*. Mediante las teclas de función a la derecha de la pantalla, es posible cambiar, instalar o desinstalar aplicaciones.

2. Medida con programa básico BZ7210

2.1. Procedimiento de Medida

Antes de comenzar una medida, hay que ajustar el fondo de escala para que se adapte al nivel de ruido que queremos medir. Debido a que el rango dinámico del equipo es bastante elevado (80 dB) lo más normal es que sólo tenga que cambiar de escala ocasionalmente.

Para ajustar el fondo de escala pulse la tecla fija nº 8, *Rango* y ajuste el rango deseado con las teclas de función flecha arriba y flecha abajo. Una vez elegido, pulse la tecla de función *Salvar* para que el rango seleccionado quede almacenado.

En general, intente utilizar el rango de medida más bajo posible sin que se produzca saturación. Para más información sobre el Rango de Medida, consulte el apartado 4.2.2. del manual del programa BZ7202.

Una vez elegido el fondo de escala adecuado, pulse la tecla fija Nº 12, *Medidas*, para acceder el modo de medida. Aparecerá una de las cinco pantallas posibles de medida: *Sonómetro*, *Distribución Acumulativa*, *Distribución de Nivel*, *Perfil* o *Espectro*. Para iniciar y parar la medida:

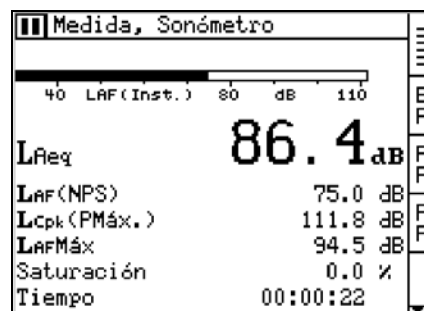


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, nivel de decibelios.

- Realizar una Puesta a Cero (tecla 13 *Borrado/Inicio*). El equipo inicia la medición automáticamente.
- Detener la medición (pausa) con la tecla 11 (▶/||).

NOTA: La medición puede continuar pulsando de nuevo la tecla 11

Medida, Sonómetro		Menú Ver
40 LAF(Inst.) 80 dB		Borrado Previo
L _{Aeq}	86	Parám. Princ.
L _{AF} (NPS)		Pond. Frec.
L _{cpk} (PMáx.)	1	
L _{AFMáx}		
Saturación		
Tiempo	00:0	

Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, nivel de decibelios.

Mientras está realizando las medidas, usted puede ver los resultados desde cualquiera de las cinco pantallas citadas. Para cambiar entre ellas, pulse repetidamente la tecla fija nº12, *Medidas*, o si lo prefiere, trabaje con la columna de menús pulsando la tecla de función *Menú Ver* y luego elija la pantalla que desee.

En el ejemplo de la figura anterior, hemos accedido a la pantalla de medida *Sonómetro*. No se preocupe si en su unidad no aparecen los mismos parámetros de este ejemplo (L_{Aeq}, L_{AF}(NPS), etc.) ya que usted puede elegir cualquier parámetro antes o después de las medidas.

Observe que la columna de menús que hay a la derecha de la pantalla tapa parte de la misma. En estos casos, puede plegarla pulsando la tecla fija Nº 16 *Ver/Ocultar Menú*. Los menús siguen operativos aunque estén reducidos. En este caso, sólo están visibles las iniciales del texto de cada menú. Esto se puede observar en la figura siguiente.

➤ Para hacer una pausa en la medida, pulse la tecla fija Nº 11, *Pausa/Continuar*. Para reanudar la medida, vuelva a pulsar la misma tecla. Si desea comenzar la medida desde el principio, pulse directamente la tecla fija Nº 13, *Borrado/Inicio*.

2.2. Almacenamiento de medidas

Cualquier medida puede ser guardada en el disco interno del equipo o bien en una tarjeta externa de datos (VD4700 o similar). Trabajar con el disco interno del analizador es muy parecido a hacerlo con el disco duro de un ordenador; de la misma forma, trabajar con una tarjeta externa de datos es muy parecido a trabajar con el disquete de un ordenador. Es posible crear directorios y subdirectorios en ambas unidades, y también transferir ficheros de una unidad a otra. Lo más habitual, en cualquier caso, será trabajar sólo con la unidad interna.

Guardar una medida es un proceso muy simple; sin embargo, se puede simplificar más aún si creamos un directorio por defecto, o *Vía de Medida*, antes de guardar las medidas. Para crear un directorio por defecto, haga lo siguiente:

- Pulse la tecla fija Nº 9, *Configuración*, y a continuación, pulse la tecla de función *Menú Config* y después *Vía de Medida*. Aparecerá una pantalla semejante a la de la figura.



Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, carpetas existentes.

En este ejemplo se nos indica que la vía de medida actual está en el Disco Interno dentro del directorio \DATA\MEAS2 donde, además, no hay ningún fichero. Supongamos que queremos que todas las medidas que vamos a hacer y guardar vayan a la vía de medida \DATA\COLEGIO. Para hacerlo, primero vamos a salir del subdirectorio actual. Esto se hace pulsando una vez la tecla fija Nº 9 izquierda. De esta forma, ahora estaremos en \DATA, bajo el cual crearemos ahora el subdirectorio COLEGIO. Esta situación se puede observar en la figura siguiente. Ahora pulsaremos la tecla de función *Crear Dir.* y aparecerá una pantalla donde escribiremos el texto COLEGIO. Cuando lo hayamos hecho, y tras pulsar la tecla de función *Sí*, seleccionaremos dicho subdirectorio con ayuda de las teclas fijas flecha arriba o abajo Nº 9 y nos introduciremos en él mediante la tecla fija flecha derecha Nº 9. Nuestra situación será ahora la siguiente:

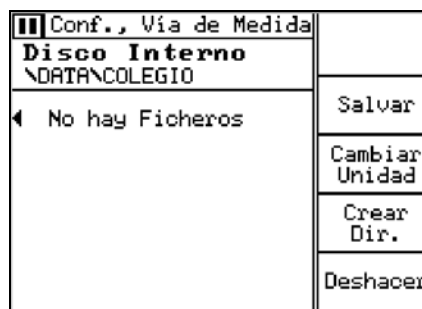


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, dentro de la carpeta COLEGIO.

Finalmente, pulsaremos la tecla de función *Salvar*, y desde ese momento, todas las medidas que guardemos irán a parar a este subdirectorio.

➤ Para comprobarlo, hagamos una medida cualquiera. Una vez terminada y en estado de pausa, pulsamos la tecla fija N° 7 *Almacenar* y nos aparecerá una pantalla que nos propone guardar la medida como fichero 0001.S1A dentro de la vía de medida seleccionada.

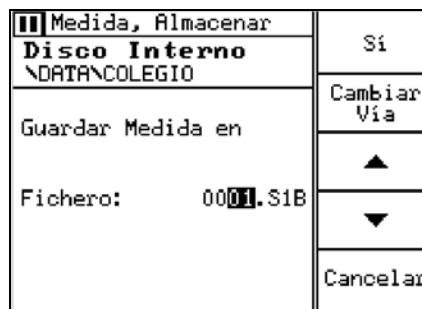


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, de cómo guardar una medida.

Si pulsamos la tecla de función *Sí*, la medida quedará almacenada con ese nombre de fichero en esa vía de medida. Si pulsamos la tecla de función flecha arriba, podremos cambiar el número de fichero asignado a esa medida. Nótese que todavía es posible guardar la medida en una vía de medida distinta a la vía por defecto, pulsando la tecla de función *Cambiar Vía*. El procedimiento sería semejante al descrito previamente.

2.3. Recuperación de medidas

Para recuperar una medida previamente almacenada:

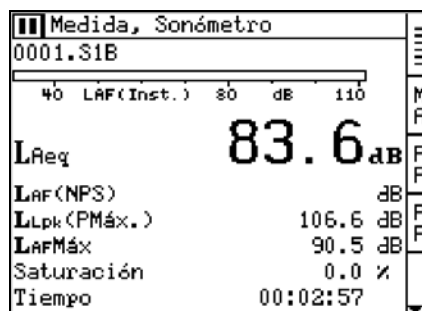


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, recuperación de medidas.

- Asegúrese de que está en el modo de medida, pulsando la tecla N° 12, *Medidas*, si fuera necesario.
- Pulse la tecla fija N° 5, *Recuperar*.
- Mediante los cursores (teclas fijas N° 11) desplácese por los distintos subdirectorios hasta encontrar la medida deseada.
- Una vez la tenga marcada, pulse la tecla de función *Sí*, y la medida pasará a pantalla.

Observe que en la esquina superior izquierda de la pantalla se encuentra el nombre del fichero, en nuestro ejemplo, 0001.S1B, lo cual indica que estamos ante una medida recuperada. Ahora usted puede acceder a cualquier función, ya que también están disponibles las pantallas estadísticas y espectrales. En lugar de la pantalla *Perfil*, no disponible en una medida recuperada, se encuentra una pantalla especial compuesta por cinco páginas que contiene todos los datos de configuración de la medida almacenada.

Cuando desee volver al modo de funcionamiento normal, pulse la tecla de función *Medida Actual*.

Para conocer más detalles sobre cómo almacenar y recuperar medidas, consulte el Capítulo 6 del manual de instrucciones del Programa de Análisis Sonoro BZ7210.

2.4. Configuración de una medida

El Analizador en Tiempo Real *Investigator 2260* calcula una gran cantidad de parámetros de forma simultánea. Así mismo, utiliza varias constantes de tiempo y de frecuencia a la vez. Todo esto supone que las necesidades de configuración del equipo sean mínimas. No obstante, conviene realizar algunos pasos previos de configuración ya que así se facilitan las medidas posteriores.

Para entrar en el modo de configuración, pulse la tecla fija N° 9, *Configuración*. Existen diez pantallas de configuración. Usted accederá a la que fue seleccionada en último lugar.

Parámetros de Medida

Conf., Parám.Medida	Menú Config.
Rango: 30.6 - 110.6 dB	
Ancho Banda: 1/3-oct.	
Picos Sobre : 140 dB	
Pond. Temporal	▲
Est. Globales: Rápido	
Espectros: Rápido	
Pond. Frecuencial	▼
Medidas Globales: A&L	
Est. Globales: A	
Espectros: L	

Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, configuración de los parámetros de medida.

Pulse la tecla de función *Menú Config.* y elija *Parámetros de Medida*. Debe aparecer una pantalla semejante a la que se muestra.

Las teclas fijas N° 9, *Cursores*, le permiten seleccionar los diferentes campos. En el ejemplo, se encuentra seleccionado el campo que representa la ponderación temporal de las estadísticas globales. Mediante las teclas de función flecha arriba y flecha abajo de la derecha de la pantalla, es posible cambiar el valor del campo seleccionado.

Tenga en cuenta que las tres líneas que están debajo de **Pond. Frecuencial** forman un solo campo. Utilizando las flechas de la columna de menús usted puede elegir alguna de las posibles combinaciones existentes. Se recomienda elegir una configuración de medida como la del ejemplo anterior.

Control de Medida

Para acceder a la siguiente pantalla de configuración, pulse de nuevo la tecla de función *Menú Config.* y elija *Control de Medida*. La pantalla *Control de Medida* sirve para decidir si se desea realizar medidas automáticas o manuales. Hay **cuatro** opciones: *Manual*, *Secuencia de Medida*, *Almacenamiento* o *Almacenamiento con Sucesos*.

Una medida es *Manual* cuando es el usuario quien controla su duración mediante las teclas fijas de pausa y puesta en marcha.

Una medida es con *Secuencia de Medida* cuando su duración está controlada por el reloj del equipo. La pantalla nos mostrará el campo de configuración del tiempo de medida, el número de medidas que queremos que realice de forma seguida y la acción que queremos que el equipo realice al acabar cada una de las medidas.

Una medida que se realiza mediante el *Almacenamiento*, permite realizar un registro de “larga” duración, almacenando en intervalos más cortos. Así por ejemplo, podríamos almacenar una medición de 1 hora en intervalos de 1 segundo. Tendríamos 2 tipos de datos: el global de una hora y 3.600 datos de 1 segundo. Al escoger esta opción podemos seleccionar el tipo de datos que queremos almacenar, el intervalo de almacenamiento y el tiempo total de medición.

Una medida que se realiza mediante el *Almacenamiento con Sucesos*, cuando medimos de forma similar al Almacenamiento pero además podemos definir un “estado” de suceso en el cual la medición puede realizarse de form distinta, por ejemplo, con más datos o en periodos más cortos. Un suceso se define normalmente cuando se supera un nivel.

Habitualmente, utilice la función *Manual* si no desea ningún tipo de medida automática. Recuerde que para que cualquier cambio sea efectivo, debe pulsar la tecla de función *Salvar*, que sólo aparece cuando se ha modificado el contenido de algún campo.

Vía de Medida

Para acceder a la siguiente pantalla de configuración, pulse de nuevo la tecla de función *Menú Config.* y elija *Vía de Medida*. Recuerde que también puede cambiar las pantallas de configuración pulsando repetidamente la tecla fija nº9, *Configuración*. La pantalla de configuración *Vía de Medida* sirve para establecer una vía de medida por defecto, tal y como ya hemos visto anteriormente en este documento.

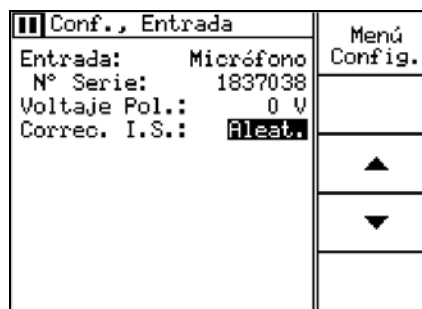


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, vía de medida.

Entrada

En la opción de *Entrada* además de comprobar que la entrada se corresponde con el *Micrófono* y su nº de serie correspondiente, podemos cambiar la Incidencia del Sonido entre *Frontal* cuando estamos en campo libre (normalmente para medidas en exteriores), o bien *Aleatoria* si nos encontramos en una campo reverberante (normalmente en medidas en interiores).

Otras Configuraciones

Ninguna otra de las sucesivas pantallas de configuración tiene una incidencia directa en la medida aunque sí en el la impresión de datos, comunicación con PC, etc. Todo aquel interesado en conocer más sobre las otras pantallas de configuración puede consultar el Capítulo 3 del Manual de Instrucciones del Programa de Análisis Sonoro BZ7210. No obstante, antes de abandonar esta sección sobre la configuración de las medidas, conviene aprender el procedimiento para guardar dicha configuración de forma que siempre esté disponible en cualquier momento.

2.5. Almacenamiento de la configuración personalizada

Siempre que se enciende el aparato, se establece la misma configuración que tenía antes de apagarse. Independientemente de ello, guardar una configuración completa en forma de fichero de configuración es muy fácil. Usted puede almacenar varias configuraciones diferentes y elegir en cada momento la que más le convenga.

En primer lugar, hay que asegurarse de estar en el modo de configuración. Para ello, pulse la tecla fija Nº 9, *Configuración*. Desde cualquiera de las pantallas de configuración, pulse la tecla fija nº7, *Almacenar*. Aparecerá una pantalla semejante a la del gráfico siguiente.

Esta pantalla nos indica que se va a almacenar la configuración actual en el directorio SET-UP\BZ7210 (puede ser también SET-UP\BZ7202 en caso de estar trabajando con el programa opcional BZ7202) con el número de fichero 01.STP. Si queremos, podemos alterar este número con las flechas de la columna de menús. Igualmente, puede ser útil emparejar un nombre a este número de fichero. Para ello, basta con pulsar *Editar Nombre* y escribir un nombre adecuado. Finalizado el proceso, pulse la tecla de función *Sí* y la configuración habrá quedado almacenada.

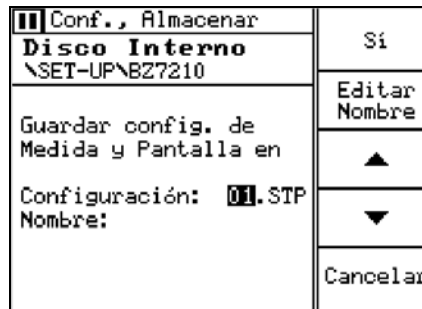


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, archivo guardado.

Para recuperar una configuración de medida previamente almacenada, el procedimiento es también muy sencillo. Partiendo del modo de configuración, pulse la tecla fija nº5, *Recuperar*. Seleccione el número de configuración deseado y pulse la tecla de función *Sí*. La configuración almacenada pasa a ser la configuración actual.

3. Medida con programa de análisis sonoro BZ7201/2/6

3.1. Procedimiento de Medida

Todo lo indicado para el uso del programa BZ7210 es similar con el programa BZ7201, BZ7202 ó BZ7206. Las diferentes opciones que aparecen en estos programas se detallan a continuación:

Configuración de una medida

- **Parámetros de Medida**

Pulse la tecla de función *Menú Config.* y elija *Parámetros de Medida*. Debe aparecer una pantalla semejante a la siguiente:

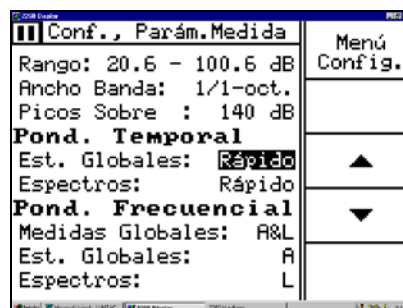


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, configuración rápida.

Con el programa BZ7201 sólo podrá escogerse el análisis con ancho de Banda de 1/1 octava. Con el BZ7202 puede escogerse entre 1/1 o 1/3 de octava. El BZ7206 es similar al BZ7202 pero con un rango extendido de frecuencias de análisis.

- **Control de Medida**

Para acceder a la siguiente pantalla de configuración, pulse de nuevo la tecla de función *Menú Config.* y elija *Control de Medida*. La pantalla *Control de Medida* sirve para decidir si se desea realizar medidas automáticas o manuales. Una medida es automática cuando su duración está controlada por el reloj del equipo. Una medida es manual cuando es el usuario quien controla su duración mediante las teclas fijas de pausa y puesta en marcha. Para realizar una medida automática con Sucesos y control del DAT, debemos seleccionar la opción *Almac. Sucesos* y la pantalla nos mostrará los diferentes campos de configuración de un almacenamiento automático con sucesos:

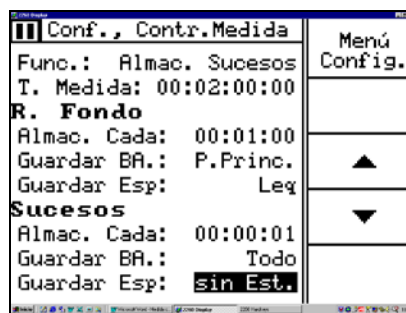


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, control de medida.

En este ejemplo, se han configurado que durante un tiempo total de 2 horas, el equipo mida:

- Si no se produce un Suceso, se almacena el Ruido de Fondo cada 1 minuto, guardando:
 1. los parámetros globales (Banda Ancha) seleccionados en el Parámetro Principal de la pantalla *Sonómetro*
 2. El Espectro del Leq
- Cuando se produzca un Suceso, se almacenará cada segundo:
 1. Todos los parámetros globales (Banda Ancha)
 2. Todos los Espectros sin las Estadísticas por bandas de frecuencia

Si no desea realizar medidas automáticas, ponga *No* en *Secuencia de Medida*.

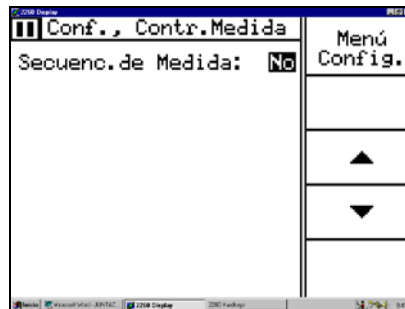


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, secuencia de medida.

Recuerde que para que cualquier cambio sea efectivo, debe pulsar la tecla de función *Salvar*, que sólo aparece cuando se ha modificado el contenido de algún campo. Para más información sobre el control de las medidas, consulte el Apartado 3.4 *Control de Las Medidas*, en el manual de instrucciones del Programa de Análisis Sonoro BZ7202.

- **Disparo de Sucesos**

Para acceder a la siguiente pantalla de configuración, pulse de nuevo la tecla de función *Menú Config.* y elija *Disparo de Sucesos*. En este caso debe realizarse la configuración de acuerdo a nuestras necesidades de medida. Por ejemplo, si el Disparo se inicia al superarse un *Nivel*, entonces debe ajustarse un *Nivel* de inicio (por ejemplo 80 dB) y los tiempos de *Pre-disparo* y *Duración*. La *Duración* es el tiempo mínimo que debe ser superado el nivel de disparo para que se entienda como Suceso. Una vez reconocido el suceso, se almacena el suceso en toda su duración e incluso durante el tiempo de *Pre-disparo*.

Para detener el almacenamiento de Suceso, debe definirse también un *Nivel* de paro que siempre será igual o inferior al de Inicio (en este ejemplo 70 dB). De igual forma, para que sea reconocido el fin de ese suceso, el nivel medido deberá estar por debajo del Nivel de Paro al menos durante un tiempo que queda definido por la *Duración*. Cuando se reconoce el fin del Suceso, queda almacenado todo el suceso y además se añade la medida durante un tiempo de *post-disparo*.



Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, disparo de sucesos.

- **CIC Automática**

Para acceder a la siguiente pantalla de configuración, pulse de nuevo la tecla de función *Menú Config.* y elija *CIC Automática*. En esta opción es posible programar las calibraciones periódicas (1, 2, 3 ó 4) durante el tiempo en que dure el almacenamiento automático.

- **Vía de Medida**

Para acceder a la siguiente pantalla de configuración, pulse de nuevo la tecla de función *Menú Config.* y elija *Vía de Medida*. Recuerde que también puede cambiar las pantallas de configuración pulsando repetidamente la tecla fija nº9, *Configuración*. La pantalla de configuración *Vía de Medida* sirve para establecer una vía de medida por defecto, tal y como ya hemos visto en el apartado 2.5 de este documento.

- **Contadores**

Para acceder a la siguiente pantalla de configuración, pulse de nuevo la tecla de función *Menú Config.* y elija *Contadores*. Los contadores permiten arrancar y apagar el analizador en momento prefijados y con intervalos definibles. Para el uso de esta herramienta, es preciso almacenar configuraciones de medida para que al arrancar el equipo, éstas sean consultadas antes de iniciar la medida.

- **Entrada**

Para acceder a la siguiente pantalla de configuración, pulse de nuevo la tecla de función *Menú Config.* y elija *Entrada*. En esta opción podremos definir el tipo de campo acústico en el que vaya a realizarse la medida. Se establece la correspondiente corrección cuando la Incidencia del Sonido sea *Frontal* o *Aleatoria*.

- **Salida**

Para acceder a la siguiente pantalla de configuración, pulse de nuevo la tecla de función *Menú Config.* y elija *Salida*. Recuerde que también puede cambiar las pantallas de configuración pulsando repetidamente la tecla fija nº9, *Configuración*. Aquí podemos definir las dos salidas analógicas del analizador 2260, de forma que controle un registrador digital DAT para la grabación de los sucesos sonoros. Esto nos permitirá reconocer el tipo de sonido que ha disparado el suceso. La pantalla mostrará algo similar a:

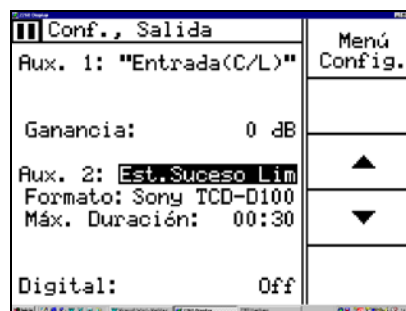


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, salida.

En la pantalla se muestra la salida Aux 1 con la señal que deberá grabarse en el registrador. Esta señal aparecerá ponderada con C o L dependiendo de la configuración en los *Parámetros de Medida* y que normalmente será L. La salida Aux 2 se conectará al Control Remoto del registrador DAT, de esta forma, al escoger *Est. Suceso Lim*. Se generará una señal de arranque de la grabación que quedará limitada a 30 segundos (este tiempo puede ser modificado). Al limitar el tiempo de grabación no se desaprovecha el tiempo de grabación, ya que el reconocimiento del ruido puede realizarse de forma habitual en 30 segundos o un tiempo similar. Cuando se utiliza un DAT Sony (modelos TCD-D8 o TCD-D100) podemos escogerlos directamente para un mejor ajuste de las señales de inicio y parada.

Ninguna otra de las sucesivas pantallas de configuración tiene una incidencia directa en la medida. Todo aquel interesado en conocer más sobre las otras pantallas de configuración puede consultar el Manual de Instrucciones de los Programas BZ7201/02/06. No obstante, antes de abandonar esta sección sobre la configuración de las medidas, conviene aprender el procedimiento para guardar dicha configuración de forma que siempre esté disponible en cualquier momento.

Siempre que se enciende el aparato, se establece la misma configuración que tenía antes de apagarse. Independientemente de ello, guardar una configuración completa en forma

de fichero de configuración es muy fácil. Usted puede almacenar varias configuraciones diferentes y elegir en cada momento la que más le convenga.

En primer lugar, hay que asegurarse de estar en el modo de configuración. Para ello, pulse la tecla fija Nº 9, *Configuración*. Desde cualquiera de las pantallas de configuración, pulse la tecla fija nº7, *Almacenar*. Aparecerá una pantalla semejante a la del gráfico siguiente.

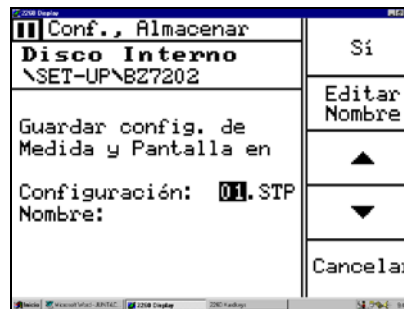


Imagen sonómetro B&K 2260 Tipo 1, disco interno.

Esta pantalla nos indica que se va a almacenar la configuración actual en el directorio SET-UP\BZ7202 con el número de fichero 01.STP. Si queremos, podemos alterar este número con las flechas de la columna de menús. Igualmente, puede ser útil emparejar un nombre a este número de fichero. Para ello, basta con pulsar *Editar Nombre* y escribir un nombre adecuado. Finalizado el proceso, pulse la tecla de función *Sí* y la configuración habrá quedado almacenada.

Para recuperar una configuración de medida previamente almacenada, el procedimiento es también muy sencillo. Partiendo del modo de configuración, pulse la tecla fija nº5, *Recuperar*. Seleccione el número de configuración deseado y pulse la tecla de función *Sí*. La configuración almacenada pasa a ser la configuración actual.

Anexo 2

Medida del nivel de presión sonora a vehículo parado según ISO 5130.

1. Posición y preparación del vehículo

La transmisión del vehículo deberá estar en punto muerto y embragada, o en la posición de estacionamiento para transmisión automática, y el freno de estacionamiento aplicado por la seguridad. El aire acondicionado del vehículo, si está equipado, se apagará.

Si el vehículo está equipado con ventilador (s) con un mando automático, este sistema no se pondrá en funcionamiento durante la medición del nivel de presión sonora.

El capó del motor o la tapa del compartimiento se cerrará.

Antes de cada serie de mediciones, el motor deberá alcanzar su temperatura normal de funcionamiento, como especifica el fabricante.

En el caso de un vehículo de dos ruedas con motor que no tiene posición punto muerto, se realizarán mediciones con la rueda trasera levantada del suelo para que la rueda pueda girar libremente. Si es necesario levantar un vehículo de dos ruedas del suelo para realizar la prueba, la posición de medida del micrófono se adaptará para alcanzar la distancia especificada desde el punto de referencia al tubo de escape; véase la figura 1 para la localización de los puntos de referencia.

2. Posición del micrófono

El micrófono se colocará a una distancia de $0,5 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$ del punto de referencia del tubo de escape definido en la figura 1 y en un ángulo de $45^\circ \pm 5^\circ$ al plano vertical que contiene el eje de flujo del final del tubo. El micrófono se colocará a la altura del punto de referencia, pero no inferior a 0,2 m de la superficie del suelo. El eje de referencia del micrófono se encuentra en un plano paralelo a la superficie del suelo y aspira a lograr un punto de referencia en la salida de escape.

Si dos posiciones de micrófono son posibles, el más lejano lugar lateralmente desde la línea central longitudinal del vehículo se utilizará.

Si el eje de flujo del tubo de escape de salida es el 90 a la línea central longitudinal del vehículo, el micrófono se encuentra en el punto que esté más alejado del motor.

Si un vehículo tiene dos o más salidas de escape separadas menos de 0,3 m de distancia y conectados a un silencioso único, sólo una medición se hará. El micrófono se debe situar en la salida más lejana relacionada con la línea longitudinal del vehículo, o, cuando tal salida no exista, en la salida más alta por encima del suelo.

Para los vehículos con un dispositivo de escape provisto de salidas espaciadas más de 0,3 m de distancia o más de un silenciador, una medición se efectuará para cada punto de salida como si fuera uno, y el nivel más alto es el que se debe coger.

Para los vehículos con escape vertical (por ejemplo, vehículos comerciales), el micrófono se colocará a la altura de la salida de escape. Su eje será vertical y orientado hacia arriba. Se colocará a una distancia de $0,5 \pm 0,01$ m desde el punto de referencia de escape-tubo tal como se define en la figura 1, pero nunca menos de 0,2 m desde el lado del vehículo más próximo al tubo.

Para los vehículos para los que el punto de referencia del tubo de escape no es accesible o está situado debajo del vehículo, como se muestra en las figuras 2 c) y 2 d), debido a la presencia de obstáculos que forman parte del vehículo (Por ejemplo, la rueda de repuesto, tanque de combustible, compartimiento de la batería), el micrófono se colocará al menos a 0,2 m del obstáculo más próximo, incluida la caja del vehículo, y su eje de sensibilidad máxima estará orientada a la salida de escape desde el sitio menos oculto por los obstáculos antes mencionados.

Cuando varias posiciones son posibles, como se muestra en la Figura 2 d), se usará la posición del micrófono que dé el valor más bajo de D1 o D2.

Las figuras 2a) a 2e) muestran ejemplos de la posición del micrófono, dependiendo de la ubicación de la tubo de escape.

Para verificar en carretera, el punto de referencia podrá ser llevadas a la superficie exterior del vehículo cuerpo.

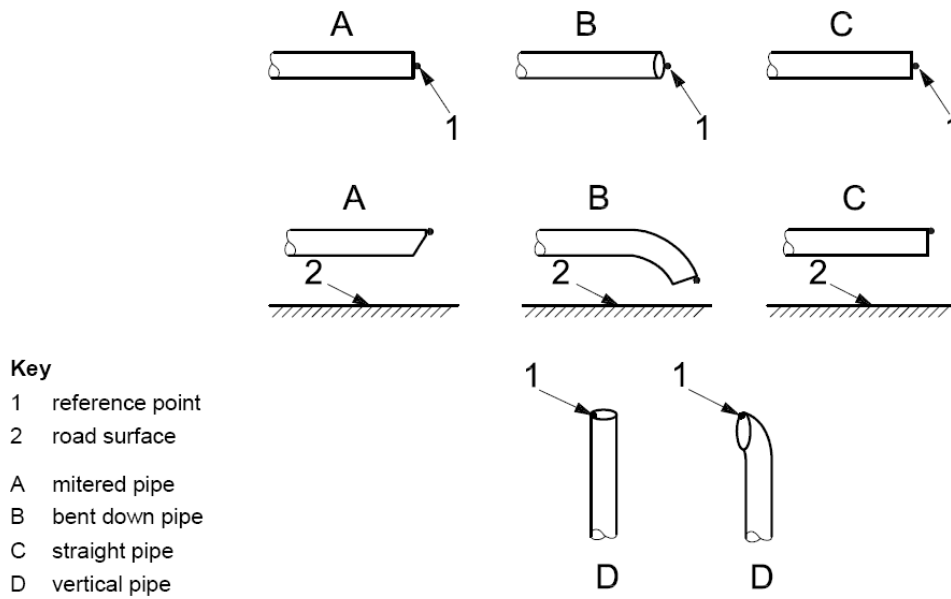


Figure 1 — Reference point

Figura 1. Punto de referencia.

Dimensions in metres, unless otherwise indicated

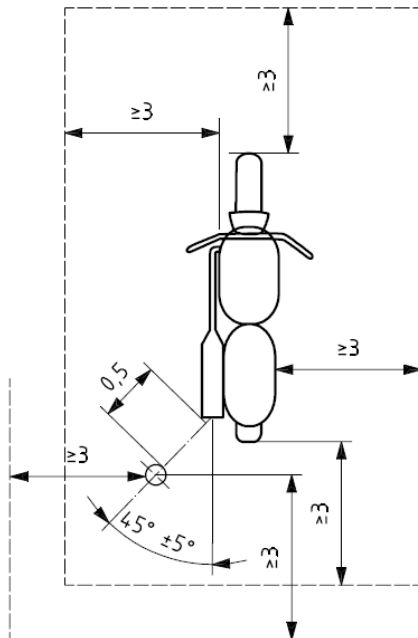


Figura 2. Dimensiones en metros.

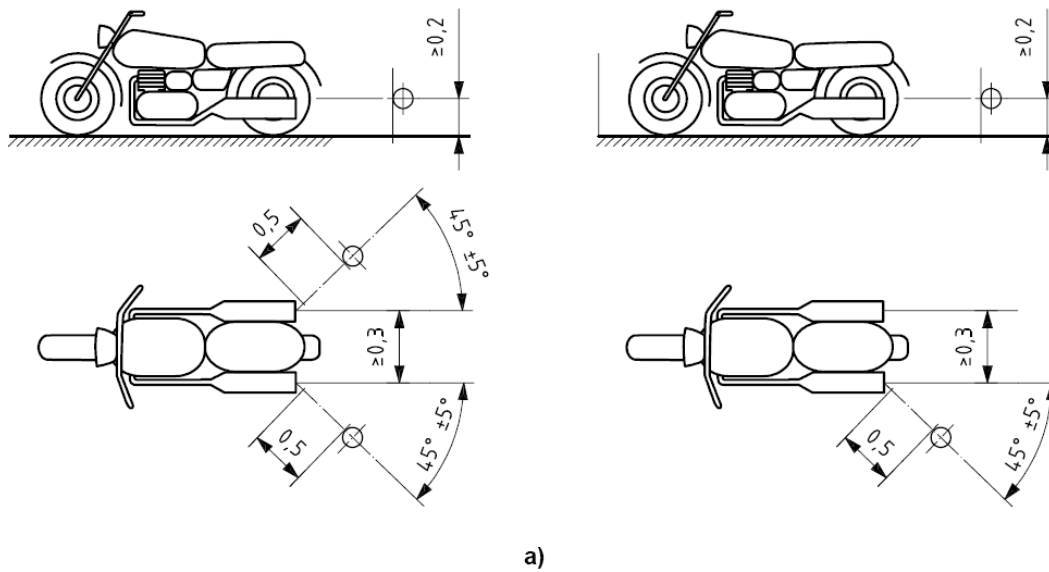


Figura 3. Alturas y distancias del sonómetro en una motocicleta.

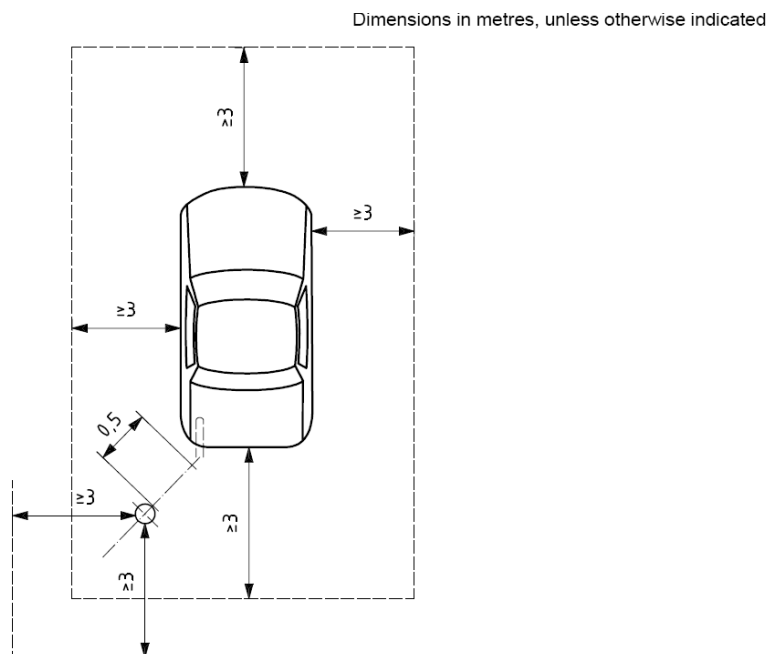


Figura 4. Alturas y distancias del sonómetro en un automóvil.

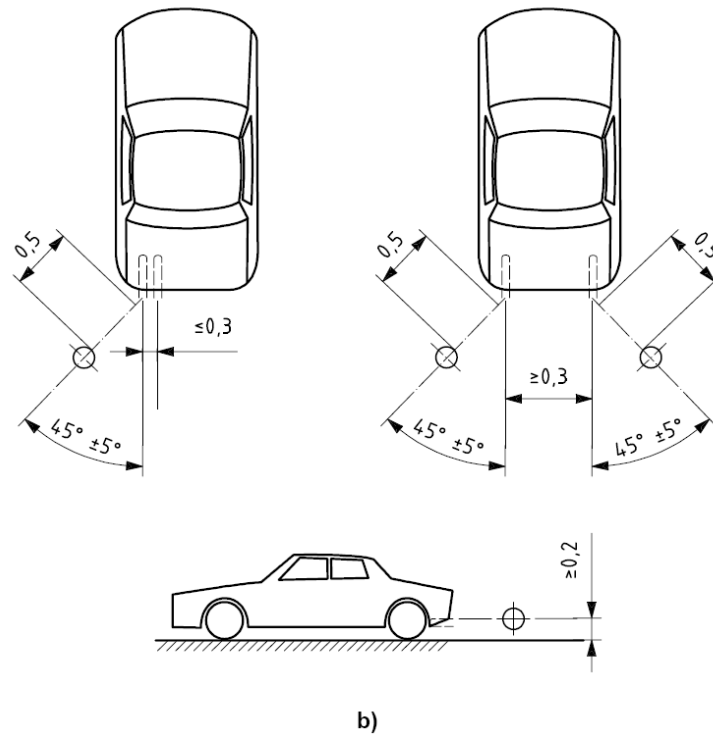


Figura 5. Alturas y distancias del sonómetro en un automóvil.

Dimensions in metres, unless otherwise indicated

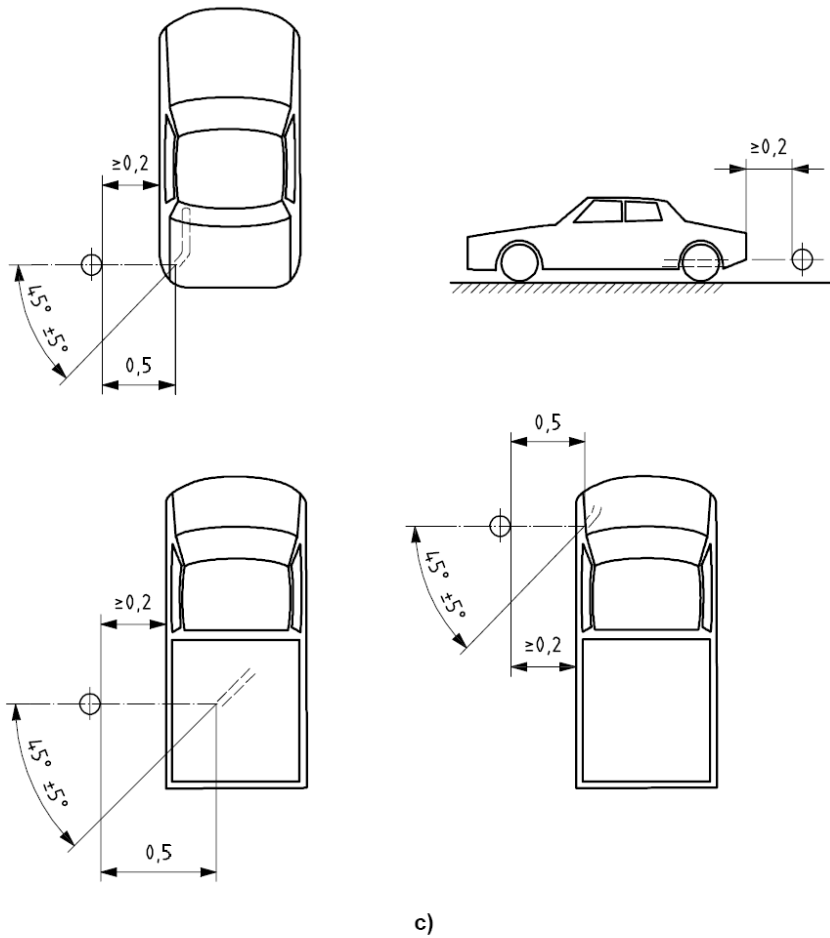
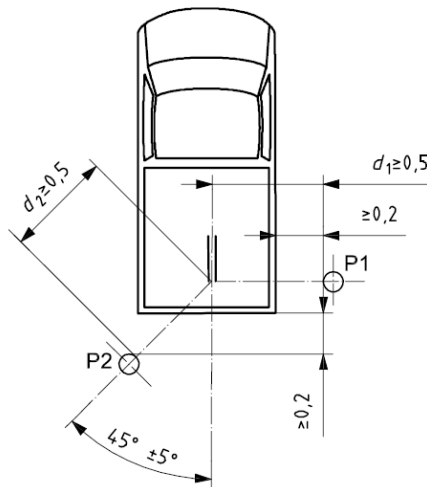


Figura 6. Alturas y distancias del sonómetro en un automóvil.

Dimensions in metres, unless otherwise indicated



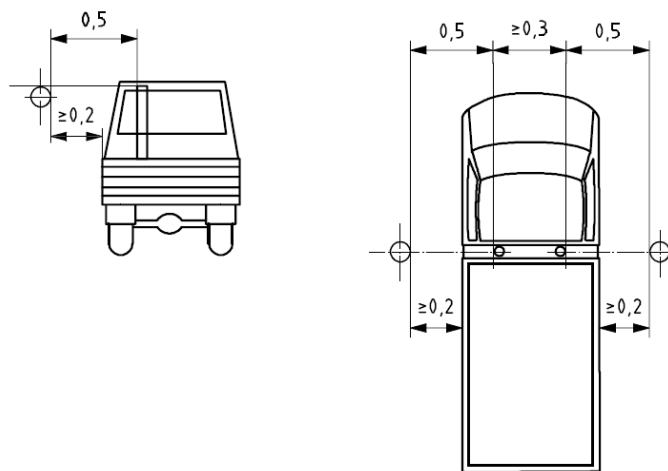
P1, P2 microphone positions 1 and 2, respectively

d_1, d_2 distances from the exhaust pipe to P1 and P2, respectively

d)

Figura 7. Alturas y distancias del sonómetro en un automóvil.

Dimensions in metres



e)

Figure 2 — Examples of microphone positions for various exhaust locations

Figura 8. Alturas y distancias del sonómetro en un camión con tubos de escape laterales.

3. Velocidad objetivo del motor

Si el vehículo no puede alcanzar la velocidad del motor como se indica en 6.4.2 y 6.4.3, el objetivo de la velocidad del motor será del 5% debajo de la velocidad máxima posible del motor para la prueba estacionaria.

VEHÍCULOS DE LA CATEGORÍA L (vehículos de motor con menos de cuatro ruedas)

Las velocidades objetivo del motor serán las siguientes:

- 75% de la velocidad nominal del motor, S , en los vehículos con $S \leq 5\,000 \text{ min}^{-1}$,
- 50% de la velocidad nominal del motor, S , para los vehículos con $S > 5\,000 \text{ min}^{-1}$, con una tolerancia de $\pm 5\%$.

Siendo S , la velocidad del motor a la cual el motor alcanza su potencia nominal neta máxima

VEHÍCULOS DE LA CATEGORÍA M, N (vehículos con al menos cuatro ruedas para transporte de pasajeros “M” y para transporte de mercancías “N”)

Las velocidades objetivo del motor serán las siguientes:

- 75% de la velocidad nominal del motor, S , en los vehículos con $S \leq 5\,000 \text{ min}^{-1}$,
- $3\,750 \text{ min}^{-1}$ para vehículos con una velocidad nominal del motor entre $5\,000 < S < 7\,500 \text{ min}^{-1}$
- 50% de la velocidad nominal del motor, S , para los vehículos con $S \geq 7\,500 \text{ min}^{-1}$, con una tolerancia de $\pm 5\%$.

4. Condiciones de operación del motor

La velocidad del motor se incrementa gradualmente desde el ralentí hasta el objetivo de la velocidad del motor de destino, sin sobrepasar la tolerancia a la banda como se indica en 6.4.2 y 6.4.3 o, y se mantiene constante. A continuación, se deja de acelerar

rápidamente el control y la velocidad del motor será a velocidad de ralentí. El nivel de presión acústica se mide durante un plazo que consiste en motores de velocidad constante de al menos 1 s y en todo el período de deceleración. Se considera el máximo nivel medido como el valor del ensayo.

La medida se considerará válida si la velocidad del motor del ensayo no se desvía de la velocidad del motor objetivo en más de las tolerancias indicadas en 6.4.2 y 6.4.3, durante al menos 1 s.

Fecha de matriculación	Procedimiento de medida
Anterior a 17/06/2003	Decreto 1439/1972 de 25 de mayo
Posterior a 17/06/2003	Directiva 97/24

Tabla 1. Decretos y Directivas aplicadas en los ensayos.

Valor de emisión	Situación
$L_E \leq L_{LIM} = L_{REF} + 4 \text{ dBA}$	Emisión legal
$L_E > L_{LIM} = L_{REF} + 4 \text{ dBA}$	Emisión no legal

Tabla 2. Límite de emisiones legales y no legales.