

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

I.T. Telecomunicación (Sonido e Imagen)



**UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA**



**ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA**

“ESTUDIO ACÚSTICO GENERADO POR EL TRÁFICO DE LA POBLACIÓN DE L'OLLERIA”

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es:
DAVID GARCÍA BOSCA

Director/es:
D. JUAN A. MARTINEZ MORA

GANDIA, 2010

AGRADECIMIENTOS

A Joan Martínez Mora por soportarme durante la realización de este proyecto y ofrecerme toda la ayuda que he necesitado.

Al ayuntamiento de L'Olleria por ayudarme en todo lo posible a llevar a cabo este proyecto.

A toda la gente de la universidad por ofrecerme su ayuda y amistad en toda la carrera y que nunca olvidaré, en especial a mi grupo más afín a mí, Luisito, Paco Paco, Pepe, Toni, Pablo, Marieta, María, Pablito, Tsumi, Chispi y Champi, Julia, Diana, Miguelito....

A toda la gente que haya podido conocer por Gandía que no cito pero que siempre recordaré.

A todos los componentes del equipo de futbol sala campeón de la liga interna universitaria y de futbol 7 campeón de la liga de Gandía.

A mis compañeros de piso, Iván, Navalón, Pedro y Adrià, por hacerme pasar tan buenos momentos inolvidables en estos 5 años.

A mis amigos de L'Olleria, Andrés, Borja, Andreu, Cento, Jose, Clara, Inma, Juan, Soucase, Joan, Vane....

A mi novia Jéssica, con la que quiero pasar el resto de mi vida, por soportarme en los buenos y en los malos momentos y estar a mi lado siempre que la he necesitado.

A mi hermano por estar siempre a mi lado cuando lo he necesitado y hacerme pasar buenos momentos picándonos al PRO EVOLUTION.

Y muy especialmente a mis padres por educarme como me han educado y permitirme estudiar y formarme para llegar a tener una buena vida en el futuro.

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes y justificación	1
1.2 Objetivos y plan de trabajo	2
2. FUENTES Y EFECTOS DEL RUIDO	3
2.1 Introducción al campo sonoro	3
2.1.1 Percepción del sonido	3
2.1.2 Terminología y parámetros de ruido ambiental	7
2.1.2.1 Redes de ponderación	7
2.1.2.2 Índices energéticos	8
1) Nivel continuo equivalente (Leq)	8
2) Nivel de exposición sonora (LAE)	9
3) Nivel sonoro equivalente día-tarde-noche (Lden)	10
2.1.2.3 Índices estadísticos. Niveles percentiles	11
2.1.2.4 Índices de ruido de tráfico	12
2.2 Conceptos básicos sobre el ruido	12
2.2.1 Tipos de ruido	13
2.2.1.1 Ruido continuo	13
2.2.1.2 Ruido transitorio	13
2.3 Propagación del ruido	14
2.3.1 Tipos de fuentes	15
2.3.1.1 Fuente puntual	15
2.3.1.2 Fuente lineal	15
2.3.2 Barreras acústicas	15
2.3.3 Atenuación atmosférica	17
2.3.4 Viento y temperatura	18
2.3.4.1 Viento	18
2.3.4.2 Temperatura	19
2.3.5 Efectos del terreno	19
2.3.6 Reflexiones	20
2.3.7 Tipos de pavimento	20
2.3.7.1 Pavimentos drenantes	20
2.3.7.2 Pavimentos microaglomerados	23
2.4 Ruido de tráfico	24
2.4.1 Ruido producido por un vehículo	27
2.4.2 Ruido producido por el tráfico rodado	33
2.4.2.1 Tráfico fluido	34
2.4.2.2 Tráfico urbano	35
3. EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD Y EL BIENESTAR	36
3.1 Efectos fisiológicos	37
3.1.1 Efectos auditivos	37
3.1.1.1 Desplazamiento del umbral auditivo	37
3.1.1.2 Desplazamiento permanente del umbral auditivo	38
3.1.1.3 Efecto máscara	38
3.1.1.4 Fatiga auditiva	38

3.1.1.5 Fenómeno de los acúfenos.....	38
3.1.2 Efectos no auditivos.....	39
3.1.2.1 Alteraciones cardiovasculares.....	39
3.1.2.2 Alteraciones hormonales.....	39
3.1.2.3 Alteraciones respiratorias.....	39
3.1.2.4 Alteración del sueño.....	39
3.1.2.5 Efectos sobre la visión.....	40
3.1.2.6 Efectos sobre el feto.....	40
3.2 Efectos psicológicos del ruido.....	40
3.2.1 Estrés.....	40
3.2.2 Efectos en la memoria.....	40
3.2.3 Efectos sobre la conducta.....	40
3.2.4 Efectos en la atención.....	40
3.3 Efectos en el bienestar.....	41
3.3.1 Interferencia en la comunicación oral.....	41
3.3.2 Efectos económicos.....	41
3.3.3 Molestia de la comunidad.....	42

4. LEGISLACIÓN.....43

4.1 Normativa Europea.....	43
4.1.1 Principales Contenidos de la directiva 2002/49/CE.....	44
4.1.1.1 Definición de indicadores.....	44
4.1.1.2 Métodos de evaluación.....	44
4.1.1.3 Mapas estratégicos de ruido.....	45
4.1.1.4 Planes de acción.....	45
4.1.1.5 Información a la población.....	45
4.2 Normativa estatal.....	46
4.2.1 Ley 37/2003 de ruido.....	47
4.2.1.1 Mapas estratégicos.....	49
4.2.1.2 Planes de acción.....	49
4.2.1.3 Concordancia con el CTE.....	49
4.2.1.4 La evaluación de la contaminación acústica.....	49
4.2.1.5 Zonificación acústica. Objetivos de calidad acústica.....	50
4.2.1.6 Planes zonales específicos y planes de acción.....	50
4.2.1.7 Ruido de los emisores acústicos.....	51
4.2.2 Documento básico de protección contra el ruido.....	51
4.3 Normativa de las comunidades autónomas.....	54
4.3.1 Ley 7/2002.....	54
4.3.2 Decreto 104/2006.....	57
4.3.2.1 Plan acústico municipal.....	57
4.3.2.2 Zona acústicamente saturada (ZAS).....	58
4.3.2.3 Plan de mejora de la calidad acústica.....	59
4.3.2.4 Mapa acústico.....	59
4.3.2.5 Programa de actuación.....	61
4.3.2.6 Instrumentos de planeamiento urbanístico.....	61
4.4 Normativa local: Ordenanzas municipales.....	63

5. METODOLOGÍA Y MATERIALES	64
5.1 Introducción	64
5.2 Mapas sonoros	64
5.2.1 Metodología	65
5.2.1.1 Metodología estática	65
5.2.1.2 Metodología dinámica	65
5.3 Instrumentación y materiales de medida	67
5.3.1 Materiales utilizados	67
5.3.1.1 El sonómetro	67
5.3.2 Software utilizado	70
5.3.2.1 Predictor analyst type 7813	70
5.4 Presentación de los resultados	73
5.4.1 Mapa de cuadrículas	73
5.4.2 Mapa de botones	74
5.4.3 Mapa de isofónicas	74
5.4.4 Mapa viario	74
5.4.5 Mapa en altura	74
 6. ESTUDIO ACÚSTICO EN L'OLLERIA	 75
6.1 Introducción	75
6.2 L'Ollería	76
6.2.1 Encuadre geográfico	76
6.2.2 Situación de los puntos de medida	83
6.2.2.1 Índice medio diario	86
6.2.2.2 Franjas horarias y número de medidas	87
6.3 Interpretación de los datos obtenidos	88
 7. CONCLUSIONES	 89
7.1 Soluciones propuesta	91
 BIBLIOGRAFIA	 93
 ANEXO I: RESULTADO DE LAS MEDIDAS EN FRANJAS HORARIAS	 94
ANEXO II: PROGRAMA DE TRABAJO	106
ANEXO III: REPRESENTACIÓN DATOS	108
ANEXO IV: REPRESENTACIÓN NIVEL MEDIDO EN CADA FRANJA	118
ANEXO V: REPRESENTACIÓN MAPAS DE NIVELES	120

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica es un factor medioambiental existente, mayoritariamente, en los países más industrializados que ha ido aumentando en los últimos años de una forma espectacular. En la sociedad en la que vivimos, existen numerosas situaciones que generan entornos acústicos agresivos como consecuencia de la actividad humana. La creciente concentración de población en medios urbanos y el desarrollo tecnológico son serios problemas que afectan a la convivencia, ya que la contaminación acústica producida afecta permanentemente a los ciudadanos tanto en el entorno de trabajo como en el resto de actividades.

La mayoría de estudios realizados han centrado su interés en las molestias que ocasionan a los ciudadanos el ruido en nuestras ciudades, especialmente el ruido de tráfico. Con estos estudios lo que se pretende es determinar la relación que existe entre el nivel de exposición al ruido y el grado de molestia, teniendo en cuenta las horas de exposición, las interferencias en la ejecución de las actividades, etc.

Pese a ser, el ruido de tráfico, la mayor fuente de ruido existente en la vida de los ciudadanos, no es la mayor causa de las quejas y denuncias que se producen. Son las actividades de ocio y tiempo libre, las actividades de pequeñas industrias y ruidos domésticos las que mayores protestas han recibido. Seguramente, la actitud de resignación por parte de los ciudadanos ante la molestia que supone el ruido ambiental este relacionado con la falta de atención, a este problema, de las administraciones públicas, o el convencimiento de los ciudadanos de que las soluciones a los problemas de ruido ambiental no son fáciles de solucionar en la mayoría de casos.

El ruido de tráfico se sobrevalora socialmente porque el transporte, en particular el automóvil, tienen un alto grado de aceptación en nuestra sociedad de hoy en día.

1.1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Durante los últimos años se ha experimentado una creciente sensibilización, tanto por parte de la población como de los políticos, a los problemas que ocasiona el ruido ambiental. Como consecuencia de ello ha ido apareciendo diversa legislación con la finalidad de regular los factores negativos que produce el ruido, y que alteran el bienestar de la población.

Prueba de ello es la aprobación de la ley del ruido de 2003 donde se encuentran explicados los diferentes mecanismos para el control y evaluación del ruido.

En el transcurso de los últimos años se han ido realizando diversos estudios sobre el tema en cuestión. La mayoría de estos estudios se han centrado en lo que se denominan “mapas acústicos”, debido a que la información proporcionada por estos estudios puede ser de gran utilidad, ya bien para proyectos urbanísticos como para orientarse contra la lucha contra el ruido.

En este trabajo final de carrera se pretende llevar a cabo un estudio sobre el ruido ambiental producido por la afluencia de tráfico existente en las dos vías principales de la localidad de L'Olleria que son, la Avenida Diputación (antiguamente vía de paso hacia Gandía) y la Avenida Jaume I (Vía principal del centro de la localidad). Previamente no existe ningún estudio acústico realizado de la ciudad.

1.2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

Como ya se ha mencionado anteriormente, el presente trabajo tiene como objetivo el estudio de la contaminación acústica de la localidad de L'Olleria, tanto "in situ" como de modo predictivo, referida a ciertas vías donde el tráfico presenta una mayor afluencia y pueda representar un problema a nivel sonoro.

Para ello se realizó el plan de trabajo que se especifica a continuación:

- En primer lugar se hizo una recapitulación de toda la normativa vigente existente que afectaba a la realización del proyecto. Posteriormente se obtuvo información urbanística de la Avenida Diputación y la Avenida Jaume I y se localizaron los puntos de medida en las calles sobre las que se realizarían las mediciones. Asimismo, se estudiaron las franjas horarias en las que tendrían lugar dichas medidas, atendiendo a la fluidez del tráfico. Finalmente fue necesario el aprendizaje en el manejo de los diferentes equipos y programas de medida a utilizar.
- Una vez conocidos los puntos donde se iban a realizar las mediciones, estas se iniciaron con el módulo estadístico con el fin de determinar el nivel de ruido equivalente y sus percentiles. En este punto también se hizo un conteo del caudal de los distintos vehículos que circularon durante los periodos de medida, además de anotar las condiciones medioambientales, para incluir ambos valores en la realización de los cálculos predictivos.
- A continuación se analizaron los datos obtenidos en las medidas, y se realizaron los cálculos pertinentes para obtener los valores medios de los mismos con el fin de ser utilizados posteriormente en el presente estudio.
- Más tarde se realizó un estudio predictivo de la zona estudiada, de manera que se aproximara tanto como fuese posible a los valores obtenidos en las mediciones "in situ", lo que nos permite comparar ambos resultados.
- En último lugar se obtuvieron unas conclusiones coherentes con ambos estudios, además de comentar posibles soluciones para que el ruido de tráfico no afecte a la población de L'Olleria.

En la memoria de este proyecto se describe el proceso seguido para conseguir el objetivo planteado. A continuación, y a modo de resumen, se muestra la estructura adoptada para que el lector pueda comprender las pautas en las que se basa este estudio:

2. FUENTES Y EFECTOS DEL RUIDO.

Para poder entender las características del ruido, en todo su alcance, es necesario conocer algunas propiedades físicas del sonido, así como las herramientas que se utilizan para poder evaluarlo tanto cualitativamente como cuantitativamente.

2.1. INTRODUCCIÓN AL CAMPO SONORO.

No existe ninguna distinción entre sonido y ruido ya que el ruido es un sonido molesto. De una manera física, el sonido es una variación de presión que el oído humano es capaz de detectar y que puede ser descrito por diversos parámetros, principalmente por la intensidad y la frecuencia.

El sonido tiene su origen en las vibraciones mecánicas de la materia, tanto en estado sólido como líquido o gaseoso, que se propagan en forma de ondas longitudinales de presión sonoras en todas las direcciones. Se trata, pues, de movimientos ondulatorios producidos por una aportación de energía mecánica que produce vibración en un medio físico, y que se transmite en todas las direcciones a través del aire y de otros medios elásticos.

El proceso de generación de tales ondas sonoras tiene su origen, por lo general, en un objeto en vibración que arrastra las partículas de aire en contacto con el mismo, produciendo de forma alternativa depresiones y sobrepresiones que se van extendiendo a las capas de aire contiguas, dando como resultado una onda de presión que se propaga de manera ondulatoria desde el objeto en vibración. Las ondas sonoras se caracterizan por la amplitud de los cambios de presión, por su frecuencia, por la velocidad de propagación y variación en el tiempo.

No necesariamente un sonido tiene que ser muy fuerte para ser ruido. A veces un ruido muy suave, como el de una canilla que gotea de noche, nos distrae impidiendo concentrarnos. Pero los ruidos más fuertes son, sin duda, más perjudiciales. Si el ruido es muy fuerte, podría dañar los edificios. Sin embargo, lo más probable es que el daño se produzca por vibraciones, las mismas que también producen el ruido. Los ruidos muy agudos son más dañinos que los graves. Los ruidos muy cortos y muy fuertes, como los martillazos, impactos y explosiones, también son especialmente peligrosos.

2.1.1. PERCEPCIÓN DEL SONIDO.

Como se ha comentado anteriormente, el sonido es cualquier variación de presión que puede ser detectada por el oído humano. La mayor parte de los sonidos ambientales están constituidos por una mezcla de frecuencias diferentes. La frecuencia se refiere al número de variaciones de presión por segundo, en el medio en que nos encontremos, en el cual se propaga el sonido y se mide en Hercios (Hertz, Hz). Las ondas sonoras son las que pueden estimular al oído y al cerebro humano, que se encuentran aproximadamente entre 20 Hz y cerca de 20.000 Hz. Estos son los límites audibles, las ondas de sonido inferiores al límite audible se llaman infrasónicas y las que superan el límite superior se llaman ultrasónicas.

La intensidad de los distintos ruidos se mide en decibelios, unidad de medida de la presión sonora. El umbral de audición está en 0 dB, mínima intensidad del estímulo que correspondería al silencio absoluto, y el umbral de dolor está en 140 dB.

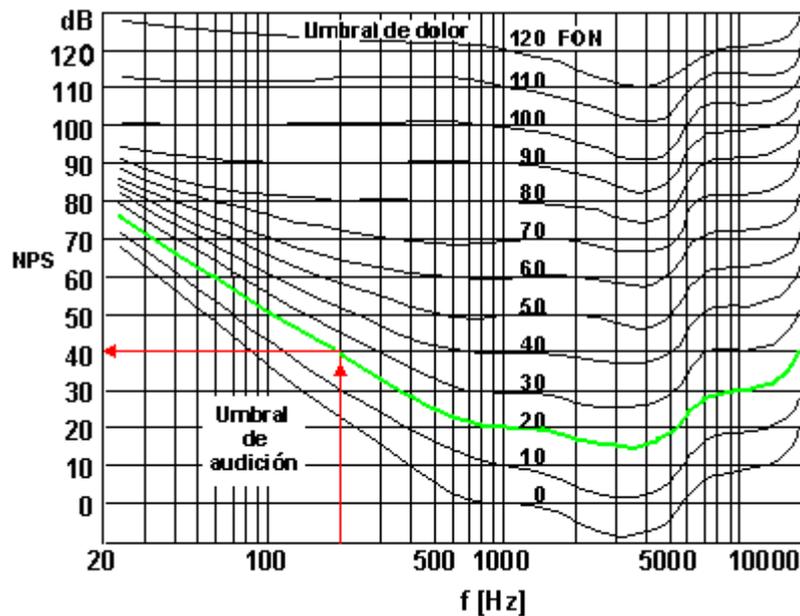
Conviene señalar que cuando se doblan los niveles de presión sonora, o concurren dos fuentes de ruido en un mismo espacio, el resultado no es la suma o la duplicación. Un aumento de 6 dB si representa el doblaje de la presión sonora, aunque se requiere un aumento de entre 8 y 10 dB para

que, de forma subjetiva, el sonido parezca ser significativamente más alto. De manera similar, el mínimo cambio perceptible es alrededor de 1 dB.

El nivel de presión sonora tiene la ventaja de ser una medida objetiva y bastante cómoda del sonido, pero tiene la desventaja de que está lejos de poder representar con precisión lo que realmente se percibe. Esto es debido a que la sensibilidad del oído humano depende de la frecuencia. En efecto, mientras que un sonido de 1 kHz y 0 dB ya es audible, es necesario llegar a los 37 dB para poder escuchar un tono de 100 Hz, y lo mismo válido para sonidos de más de 16 kHz.

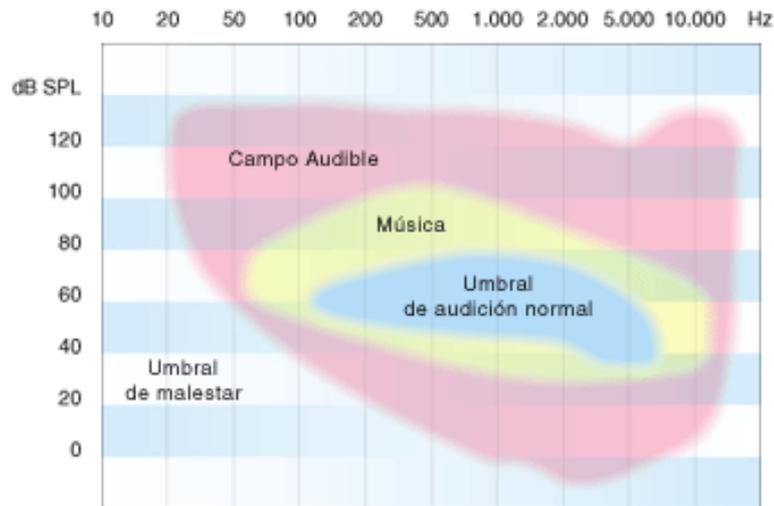
Una vez fue descubierta y medida esta dependencia de la frecuencia de la sensación de sonoridad (por **Fletcher y Munson**, en 1933, ver *Figura_1*), se pensaba que utilizando una red de filtrado (o ponderación frecuencial) adecuada sería posible medir esa sensación de forma objetiva.

Esta red de filtrado debería de, por lo tanto, atenuar las bajas frecuencias y las muy altas frecuencias, dejando medias casi inalteradas.



Figura_1: Curvas de Fletcher y Munson

Para poder ver con mejor claridad los umbrales de la audición humana, y dentro de ellos, los márgenes utilizados habitualmente por la música y el lenguaje articulado se muestra en la *Figura_2* (la conocida **curva de Wegel**).



Figura_2: Curvas de Wegel. Respuesta auditiva.

Como se puede observar, la energía sonora necesaria para el comienzo de la sensación es mayor en los extremos, a partir de los cuales aún aumentado mucho la potencia no se alcanza audición. El área de sensación auditiva limita, a niveles de presión sonora bajos, con el umbral de la audición, y a niveles muy altos, con el umbral de malestar o dolor.

La siguiente tabla, compara diferentes sonidos comunes expresados en decibelios (dB) y muestra como se clasifican desde el punto de vista del daño potencial para la audición. La capacidad auditiva se deteriora en la banda comprendida entre 75 dB y 125 dB y pasa a un nivel doloroso, cuando se superan los 125 dB, el umbral de dolor llega a los 140 dB.

NIVELES SONOROS Y RESPUESTA HUMANA		
Sonidos característicos	Nivel de Presión Sonora (dB)	Efecto
-Zona de lanzamiento de cohetes (sin protección auditiva)	180	<i>Pérdida auditiva irreversible</i>
-Operación en pista de jets -Sirena antiaérea	140	<i>Dolorosamente fuerte</i>
-Avión sobre la ciudad -Trueno	130	
-Taladros -Despeje de jets (60 m)	120	<i>Máximo esfuerzo vocal</i>
-Interior discoteca -Martillo neumático	110	<i>Extremadamente fuerte</i>
-Bocina Autobús -Petardos	100	<i>Muy fuerte</i>
-Claxon automóvil -Transito urbano	90	<i>Muy molesto Daño auditivo (8 h)</i>
-Interior fábrica -Secador de cabello	80	<i>Molesto</i>
-Oficina -Restaurante ruidoso	70	<i>Difícil uso del teléfono</i>
-Aspiradora -Conversación normal	60	<i>Intrusivo</i>
-Tránsito de vehículos livianos	50	<i>Silencio</i>
-Ordenador Personal -Dormitorio	40	
-Biblioteca -Susurro a 5 m	30	<i>Muy silencioso</i>
-Rumor de hojas de los arboles	20	
-Pájaro trinando	10	<i>Apenas audible</i>
	0	<i>Silencio absoluto</i>

Tabla_1: Tabla de niveles sonoros y respuesta humana.

2.1.2. TERMINOLOGIA Y PARÁMETROS DE RUIDO AMBIENTAL.

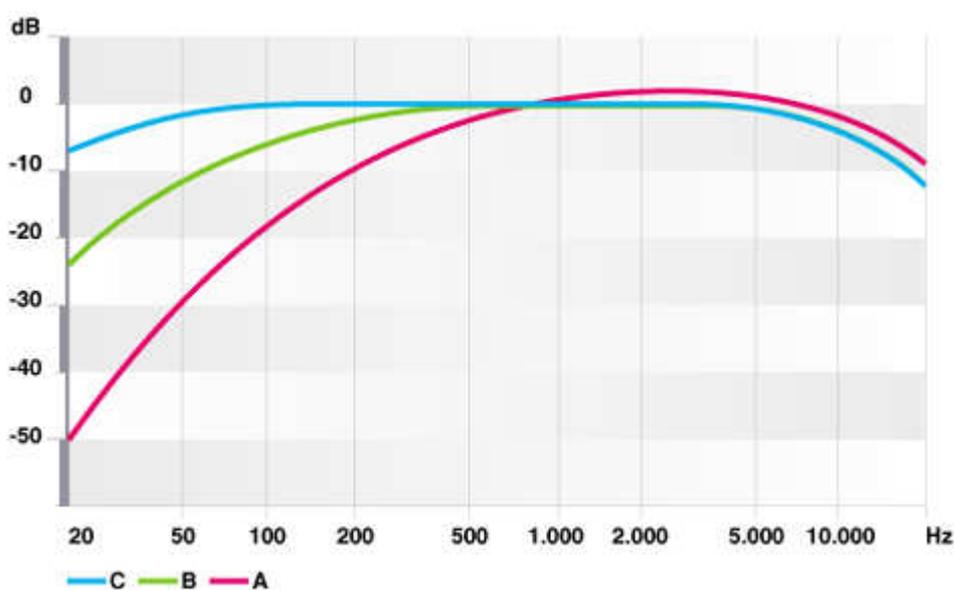
Para la evaluación del ruido ambiental se utilizan gran variedad de parámetros. Esto se debe a que la respuesta que se tiene con respecto al ruido ambiental, varía entre los distintos individuos, y además, la gran cantidad de características existentes de los diferentes tipos de fuentes (nivel, contenido frecuencial, intermitencia, etc.), hacen que sean numerosos los parámetros que intentan evaluar el efecto de dicho ruido.

A continuación se resumen la mayoría de los parámetros de uso corriente.

2.1.2.1. REDES DE PONDERACIÓN.

En la medición del ruido no sólo conviene su nivel general, sino también su distribución en cada una de las frecuencias que lo componen, es decir, el espectro o composición del ruido complejo (frente al puro, que presenta una sola frecuencia). El análisis de las frecuencias es importante porque dos ruidos que tengan un mismo nivel de presión sonora pueden presentar distribuciones de frecuencias muy diferentes, siendo más molesto cuanto mayor sea el componente de altas frecuencias.

Como el oído humano es poco sensible a las bajas y altas frecuencias, surge la necesidad de introducir filtros para representar el nivel de ruido percibido. Con el fin de tener en cuenta la diferente respuesta humana a un ruido en función de su espectro de frecuencia se introdujo en su medida el concepto de *curvas estándar de ponderación*, que discriminan el peso relativo de cada frecuencia en el conjunto del espectro.



Figura_3: Curva de ponderación frecuencial.

Se habla de tres curvas de ponderación la A (línea roja en la *Figura_3*), para niveles de sonoridad de menos de 55 fonios (*unidad de medida de la sonoridad. Equivale a 1 decibelio de sonido cuya frecuencia sea de 1.000 Hz*), la B para niveles de sonoridad entre 55 y 80 fonios, y la C para niveles superiores a 80 fonios. Se añadiría una más, la D, que se utiliza para ponderar el ruido de aviones. De las cuatro curvas indicadas, la «A» es la que se usa con más frecuencia para medir el ruido, pues su respuesta a las distintas frecuencias es la que mejor se correlaciona con el modo en que el oído humano percibe el sonido. En consecuencia, para expresar la intensidad subjetiva del sonido para el oído humano se utiliza el nivel de presión acústica ponderado «A» –que es una

unidad de medida estandarizada para medir el ruido provocado por los transportes. Cuando los valores de los decibelios se expresan en esta medida se adopta la denominación dBA.

2.1.2.2. ÍNDICES ENERGETICOS.

En un principio podría pensarse que un ruido es más molesto cuanto más fuerte sea (mayor nivel sonoro), sin embargo, sabemos que no siempre es así. Por ejemplo, ¿cómo podríamos explicar la desesperación que provoca el goteo de un grifo mal cerrado en el descanso de la noche? Esto no se podría comprender ni por el nivel de intensidad ni por la cantidad de información recibida, si no se introduce la variable de la subjetividad. Así lo que para un receptor puede ser un sonido indeseable, para otro puede ser todo lo contrario.

Del mismo modo, para una misma persona una misma manifestación acústica puede resultar agradable, en otra situación puede resultarle ruidosa y si se produce en horas de sueño puede ser inexcusablemente ruidosa.

Otro factor que influye en la percepción del ruido es la continuidad y la regularidad, un ruido continuo suele ser menos molesto que el que sufre alteraciones de nivel u otras alteraciones físicas (cambio de frecuencia) y los ruidos regulares menos que los inesperados, todo esto tiene que ver con la capacidad de adaptación del organismo a la variaciones en nivel y frecuencia de los ruidos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se establecen las valoraciones del ruido mediante índices energéticos durante un periodo de tiempo determinado y mediante análisis estadísticos de los datos que se han medido en los tiempos en consideración.

Los principales parámetros energéticos son **Nivel Continuo Equivalente (L_{eq})**, y el **Nivel de Exposición Sonora (SEL)**. Ambos se expresan en dB(A), es decir, decibelios ponderados con la red A mencionada en el apartado anterior. Otro índice energético es el Nivel Sonoro Corregido Día-Tarde-Noche L_{DEN} .

A continuación se van a describir con más detalle los dos índices energéticos comentados anteriormente, L_{eq} , SEL y L_{den} .

1) *Nivel Continuo Equivalente (L_{eq})* → Nivel Sonoro Equivalente.

Para entender el factor duración en la medición estadística de la exposición al ruido, se ha introducido la magnitud de *Nivel de Presión Acústica Equivalente o Nivel Continuo Equivalente*, cuya expresión se corresponde con el " L_{eq} ". Su cálculo representa el nivel de presión que produciría un ruido constante con la misma energía que el ruido realmente percibido, durante el mismo intervalo de tiempo. Se trata de un parámetro que pretende evaluar las molestias producidas en el interior de los locales por ruidos fluctuantes procedentes de instalaciones o actividades ruidosas. Es un valor que sirve para expresar la media de distintos niveles sonoros en un período de tiempo determinado, con lo cual se obtiene un nivel sonoro continuo equivalente. Dicho de otro modo, el " L_{eq} " representa el nivel de ruido constante que en un intervalo de tiempo contiene la misma energía total que el ruido fluctuante que se ha medido, tiene normalmente una ponderación del tipo A y se utiliza como indicador del porcentaje de tiempo total durante el cual se supera un nivel acústico determinado con la siguiente fórmula matemática.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A^2}{P_0^2} dt \right) \text{ dB (A)};$$

donde:

T = Tiempo de duración de la medición.
 P = Presión sonora instantánea en Pa.
 P₀ = Presión de referencia (2·10⁻⁵ Pa).

En la práctica el cálculo de L_{eq} se realiza por medio de la suma de 'n' niveles de presión sonora 'L_i' emitidos en los intervalos de tiempo 't_i', y la expresión adopta la forma discreta:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i}{10}} t_i \right) \text{ dB (A)} ;$$

donde:

$$N = \frac{t_1 - t_2}{\Delta t}; \quad N \rightarrow \text{Número de muestras.}$$

$$T = \sum_{i=1}^N t_i; \quad t_i \rightarrow \text{Porcentaje de tiempo en el que se realizan las muestras.}$$

Para evitar la imprecisión que produce la falta de uniformidad del ruido producido por la circulación rodada, se utiliza el nivel sonoro equivalente del ruido y los percentiles o niveles estadísticos que se detallan a continuación, de esta forma obtenemos en una sola magnitud los distintos niveles que se producen a lo largo de un determinado periodo de tiempo

2) Nivel de exposición sonora, (L_{AE}) → SEL.

Se define como el nivel de presión sonora de un ruido continuo que tiene la misma energía en un segundo que la del ruido real durante el intervalo de tiempo 'T'. Se utiliza para clasificar y comparar sucesos de ruido de diferente duración. Su expresión es:

$$L_{AE} = SEL = 10 \log \left(\frac{1}{T_0} \right) \quad \text{dB (A)} ; 10^{L_i/10} \cdot t_i ;$$

donde:

$T_0 = 1$ segundo.

$t_i =$ Tiempo durante el cual el nivel sonoro es L_i .

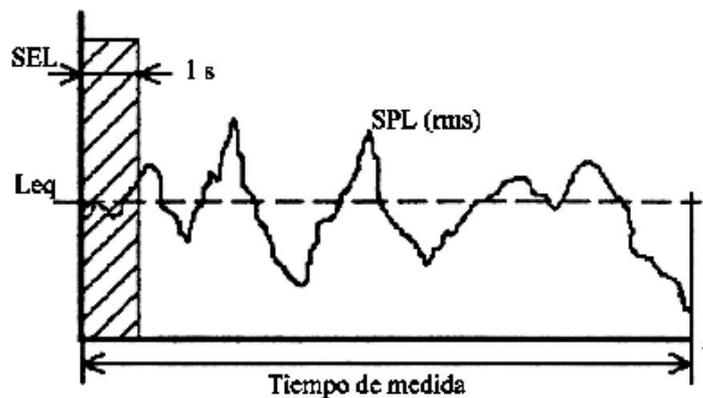
$t_i =$ Tiempo real de exposición.

La relación entre el SEL y el nivel sonoro equivalente Leq es:

$$SEL = L_{eq}(t) + \log \left(\frac{T}{T_0} \right) ;$$

donde:

$T_0 = 1$ segundo.



Figura_4: Representación de los índices L_{eq} , SEL y SPL .

3) Nivel sonoro equivalente día-tarde-noche (L_{den}).

Se dividen las 24 h del día en tres periodos: diurno, de 12 h (desde las 07:00 h hasta las 19:00 h); tarde, de 4 h (desde las 19:00 h hasta las 23:00 h); nocturno, de 8 h (desde las 23:00 h hasta las 07:00 h). Su expresión es:

$$L_{den} = 10 \cdot \log \left(\frac{12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}}}{24} \right)$$

donde:

$L_{day} =$ Nivel equivalente día.

$L_{evening} =$ Nivel equivalente tarde.

$L_{night} =$ Nivel equivalente noche.

2.1.2.2. INDICES ESTADISTICOS. NIVELES PERCENTILES.

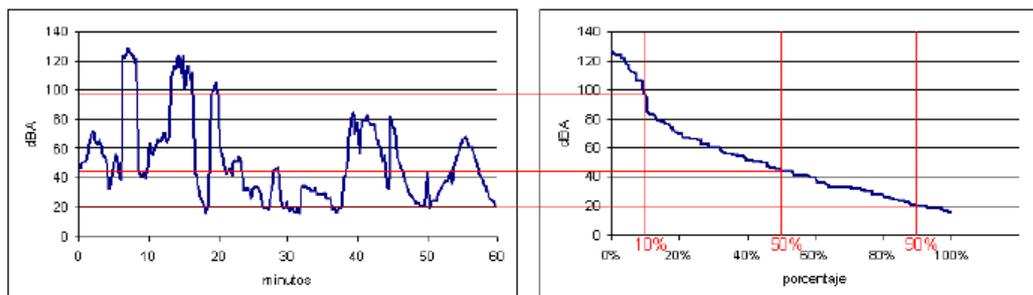
Además de poder emplear un valor único (L_{eq}) para describir energéticamente la secuencia de sonidos que tiene lugar en un intervalo de tiempo, puede ser de gran interés conocer la permanencia de los distintos niveles de presión sonora que ocurren en el intervalo de tiempo considerado. Esto conduce a la construcción de curvas de permanencia y al uso de los percentiles.

Si el L_{eq} va acompañado de alguno de estos subepígrafes, L_1 , L_{10} , L_{50} , L_{90} o L_{99} tiene la siguiente interpretación:

- **Nivel L_1 :** cuando el nivel de ruido ha alcanzado o sobrepasado el 1% del tiempo en el periodo considerado. Representa el ruido máximo, si el periodo de medición es corto.
- **Nivel L_5 :** cuando el nivel de ruido ha alcanzado o sobrepasado el 5% del tiempo en el periodo considerado. Son representativos de los niveles de pico (los más altos) con bajo nivel de permanencia.
- **Nivel L_{10} :** cuando el nivel de ruido ha alcanzado o sobrepasado el 10% de tiempo de medición. Sería el índice más adecuado para medir los sonidos más intensos de un período, puesto que refleja las puntas o las oscilaciones más altas que se dan en la evaluación.
- **Nivel L_{50} :** cuando el nivel de ruido ha alcanzado o sobrepasado el 50% del tiempo de medición. Corresponde a la mediana estadística de la distribución.
- **Nivel L_{90} :** Significa que el nivel sonoro obtenido se corresponde con el 90% del tiempo de la medición. Se suele identificar el nivel de ruido de fondo con el L_{90} , y su contenido representa el nivel de ruido que se ha alcanzado sobrepasando el 90% del tiempo de medición, sin que se haya considerado el foco emisor objeto de la medición.
- **Nivel L_{99} :** Significa que el nivel sonoro obtenido se corresponde con el 99% del tiempo de la medición. Representa el ruido de fondo de escala del ruido, es decir, el nivel más pequeño que se ha registrado.

En algunos países se toma el valor L_1 como indicativo del nivel de fondo. El valor de L_{10} medido entre las 06:00 h y las 22:00 h se emplea para valorar el impacto sonoro de nuevas carreteras y para regulación sobre aislamiento de edificios.

Se define el *clima de ruido* como $L_{10}-L_{90}$ para indicar la variabilidad temporal de los niveles de ruido fluctuantes.



Figura_5: A la izquierda se representan los niveles de presión acústica medidos en una experiencia, con un muestreo de tres medidas por minuto a lo largo de una hora. A la derecha los niveles percentiles correspondientes a dicha medida.

Estos índices estadísticos, muy utilizados hasta hace cierto tiempo y empleados aun en algunos países como Reino Unido, presentan algunos inconvenientes importantes:

- En la práctica es necesario disponer de un número de muestras importante. En el caso del tráfico de carretera se precisan intensidades superiores a 500 vehículos por hora para que sean significativos y en el caso de tráfico ferroviario no son, por lo general, representativos.
- Únicamente informan de la probabilidad de alcanzar o sobrepasar un determinado nivel, en un lugar concreto, durante un cierto porcentaje de tiempo, y no responden a una formulación matemática precisa.

2.1.2.4. ÍNDICES DE RUIDO DE TRÁFICO.

Se suele usar para los casos en que la molestia está también producida por la variación del nivel de ruido con el tiempo. Se define a partir de los niveles percentiles L_{10} y L_{90} :

$$TNL = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

2.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE RUIDO

Para la física el ruido es una sensación producida en el oído por determinadas oscilaciones de la presión exterior. La sucesión de compresiones y enrarecimientos que provoca la onda acústica al desplazarse por el medio hace que la presión existente fluctúe en torno a su valor de equilibrio; estas variaciones de presión actúan sobre la membrana del oído y provocan en el tímpano vibraciones forzadas de idéntica frecuencia, originando la sensación de sonido.

Explicado de una forma más simple, el ruido es una mezcla compleja de vibraciones diferentes, las cuales producen generalmente una sensación desagradable, o dicho en un sentido más amplio, ruido es todo sonido recibido pero que no es deseado por el receptor.

Lo esencial de cualquier definición de ruido es que se trata de diversos sonidos molestos que pueden producir efectos fisiológicos, psicológicos y sociales no deseados. El ruido es, pues, algo objetivo, algo físico, que está ahí y tiene unas fuerzas que lo producen y, al mismo tiempo, es un fenómeno subjetivo que genera sensaciones de rechazo en un oyente.

Tratando de objetivar los elementos que integran el ruido, se pueden distinguir tres: la causa u objeto productor del sonido, la transmisión de la vibración, y el efecto o reacción fisiológica o psicológica que se produce en la audición.

2.2.1. TIPOS DE RUIDO.

Existen multitud de ruidos, por lo que resulta casi imposible pretender hacer un acercamiento superficial a todos ellos. En este apartado se pretende clasificarlos, siendo un primer paso para conseguirlo, establecer la diferencia entre *ruido interno* y *ruido externo*.

- El ***ruido interno***: si la presión acústica existente en un determinado local es debida a una o varias fuentes que funcionan dentro de él.
- El ***ruido externo***: cuando se produce un sonido no deseado o nocivo generado por la actividad humana en un determinado tiempo y en un espacio abierto. La nota característica es que se produzca en el exterior y, por lo tanto, incluye tanto el ruido emitido por los medios de transporte, por los emplazamientos, o por edificios industriales.

Para poder medir el ruido, necesitamos saber a que tipo de ruido nos enfrentamos, para así poder configurar los parámetros de medida, determinar el equipo de medida y determinar el tiempo de medida.

Los diferentes tipos de ruido son:

2.2.1.2. RUIDO CONTINUO.

El **ruido continuo** o constante es aquel ruido cuya intensidad permanece constante o presenta pequeñas fluctuaciones a lo largo del tiempo durante más de diez minutos (por ejemplo transformadores, torres de refrigeración). Dentro de esta continuidad se diferencian tres categorías:

- ***Ruido continuo uniforme***: si las variaciones de la presión acústica, utilizando la posición de respuesta lenta del equipo de medición, varían ± 3 dB(A).
- ***Ruido continuo variable***: si la variación oscila entre ± 3 y ± 6 dB(A).
- ***Ruido continuo fluctuante***: si la variación entre límites difiere ± 6 dB(A).

En el caso del ***ruido de tráfico***, que es el que estamos tratando en este Proyecto Final de Carrera, lo clasificamos como ruido continuo o como la suma de muchos ruidos de sucesos aislados repetitivos.

2.2.1.2 RUIDO TRANSITORIO.

Ruido transitorio es aquel que se manifiesta ininterrumpidamente durante un período de tiempo igual o menor a cinco minutos (por ejemplo ruido de aviones, ruido de trenes, ruido de circulación con poco tráfico). Estos se pueden considerar como la suma del ruido procedente de varios sucesos individuales.

Dentro de este tipo de ruido, se diferencian tres categorías:

- ***Ruido transitorio periódico***: cuando el ruido se repite con mayor o menor exactitud, con una periodicidad de frecuencia que es posible determinar.

- **Ruido transitorio aleatorio:** cuando se produce de forma totalmente imprevisible, por lo que para su correcta valoración es necesario un análisis estadístico de la variación temporal del nivel sonoro durante un tiempo suficientemente significativo.
- **Ruido de fondo:** que constituye un matiz del ruido ambiental y se caracteriza por la ausencia de un foco o varios focos perturbadores en el exterior, y que equivale a un nivel de presión acústica que supera el 90% de un tiempo de observación suficientemente significativo, en ausencia del ruido objeto de la inspección.

Se utilizan los niveles de exposición sonora de los ruidos de un suceso aislado y el número correspondiente de sucesos para determinar los niveles de evaluación de presión sonora continuos equivalentes.

2.3. PROPAGACIÓN DEL RUIDO.

La cantidad de ruido que percibimos depende en gran medida de lo cerca o lejos que nos encontremos de la fuente de emisión, así como si nos encontramos delante o detrás de algún tipo de barrera que pueda reducir el nivel de presión sonora que debería llegarnos si esta no estuviera.

El estudio de la propagación del sonido, y en especial cuando éste tiene lugar en áreas urbanas, es un proceso bastante complejo que depende de varios factores. Así, para conocer en cualquier punto el nivel sonoro producido por una fuente acústica situada a una cierta distancia de dicho punto, es necesario tener en cuenta, entre otros, los siguientes factores.

- La divergencia de las ondas sonoras.
- Tipo de fuente (lineal o puntual).
- Distancia desde la fuente.
- Absorción atmosférica.
- Viento.
- Reflexiones.
- Humedad.
- Precipitación.
- La absorción atmosférica.
- La acción del viento y la temperatura.
- La atenuación causada por obstáculos naturales.
- La atenuación causada por obstáculos artificiales.

Estos factores deben tenerse muy en cuenta para obtener un resultado representativo, tanto en la medida como en el cálculo. Las normas especificarán las condiciones para cada factor.

2.3.1. TIPOS DE FUENTE.

2.3.1.1. Fuente Puntual.

Una fuente puntual es una fuente de ruido pequeña en comparación con la distancia al oyente. La fuente puntual radia ondas esféricas y la propagación del sonido se efectúa en todas direcciones por igual y el nivel disminuye en 6 dB al doblar la distancia. Aunque la propagación esférica es la forma más común, ésta no debe asociarse con la formación de una esfera perfecta. Puede adoptar otro tipo de formas (como las pseudoelípticas, por ejemplo) debido a la influencia de otros factores.

2.3.1.2. Fuente Lineal.

Son fuentes lineales, que son estrechas en una dirección y larga en la otra comparada con la distancia al oyente. En la práctica un vehículo se puede considerar una fuente lineal a partir de velocidad es de 30 Km/h; a menos velocidad es más acertado considerarlo fuente puntual. La propagación se efectúa en las direcciones radiales, por lo que el nivel de presión sonora es el mismo en todos los puntos de la misma distancia de la misma línea y disminuye en 3 dB al doblar la distancia. El sonido procedente de una fuente lineal llega mucho más lejos que el que emana de una sola fuente (puntual).

Tanto en el caso de una fuente puntual, como en el de una fuente lineal, se mantendrán los efectos indicados hasta que los obstáculos del terreno (vegetación, edificaciones, orografía, etc.) y la atenuación del aire influyan de forma notoria sobre el nivel de ruido.

2.3.2. BARRERAS ACÚSTICAS.

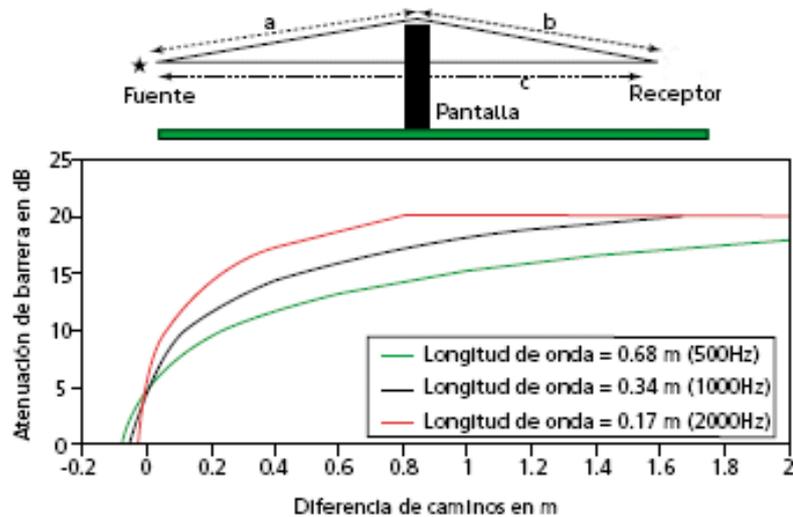
Si consideramos el sonido que emite un vehículo circulando en una carretera, el cual se propaga al aire libre, debemos analizar qué es lo que ocurre a cierta distancia de esta fuente emisora en el lugar donde exista un receptor (vivienda u otro). Sabemos que por divergencia geométrica, el sonido se atenúa 6 decibeles cada vez que se duplica la distancia fuente – receptor. Otro factor de atenuación que afecta la propagación del sonido es el tipo de suelo como pasto, pavimento y nieve, entre otros. Debe considerarse además la atenuación del ruido debido a la humedad relativa, vientos, vegetación y topografía. Una expresión general para el cálculo de la disminución del nivel de ruido con la distancia.

Si en este camino de propagación insertamos una barrera acústica, ésta se constituye como un obstáculo entre la fuente y el receptor siempre que interrumpa la línea de visión entre éstos, por lo que su desempeño acústico (atenuación).

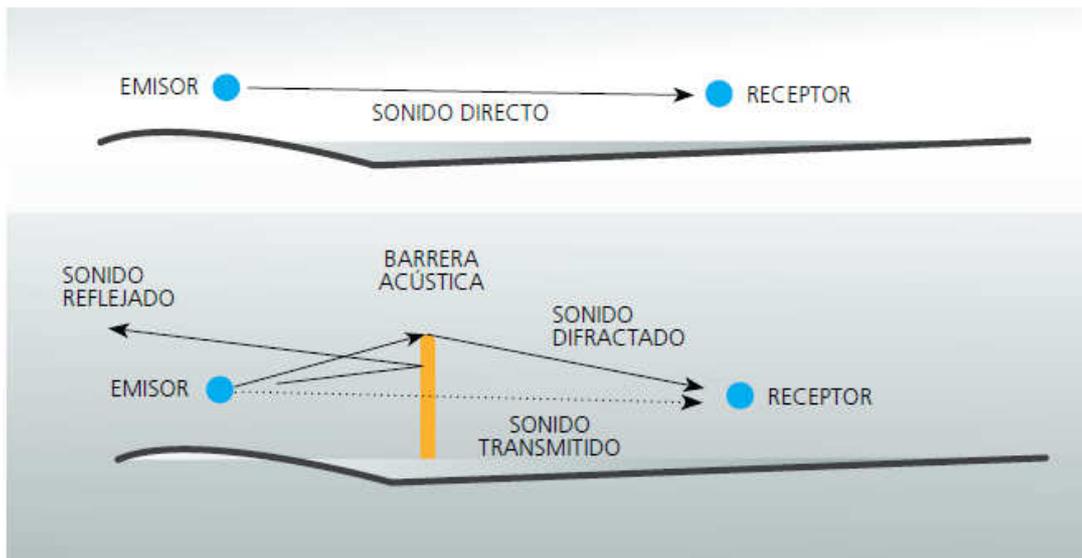
La atenuación acústica producida por una barrera está condicionada por la geometría del problema. Una misma barrera proporcionará distintas atenuaciones dependiendo de cómo y dónde se instale, ya que su eficiencia acústica estará gobernada por el fenómeno de difracción. Este fenómeno estudia el cambio en la dirección de propagación del sonido al atravesar el extremo superior de la barrera.

La reducción de ruido causado por una barrera depende de dos factores:

- La diferencia de la trayectoria de la onda sonora al viajar por encima de la barrera comparada con la transmisión directa al receptor (en el diagrama de la *Figura_6*: $a+b-c$).
- El contenido frecuencial del ruido.



Figura_6: Atenuación por el efecto de barrera.



Figura_7: Esquema geométrico entre la fuente se sonido y el receptor.

El fenómeno de difracción es más acentuado para frecuencias bajas, en las cuales el sonido tiene una mayor capacidad para curvar su dirección de propagación. En la figura 1 se esquematiza el problema definiendo los trazos a , b y c que caracterizan la geometría de instalación de la barrera. Este análisis geométrico obtiene una magnitud característica para la barrera y su posición relativa respecto de la fuente y el receptor, la cual se conoce como Número de Fresnel, y se obtiene mediante la expresión:

$$N = \frac{2(a + b + c)}{\lambda}$$

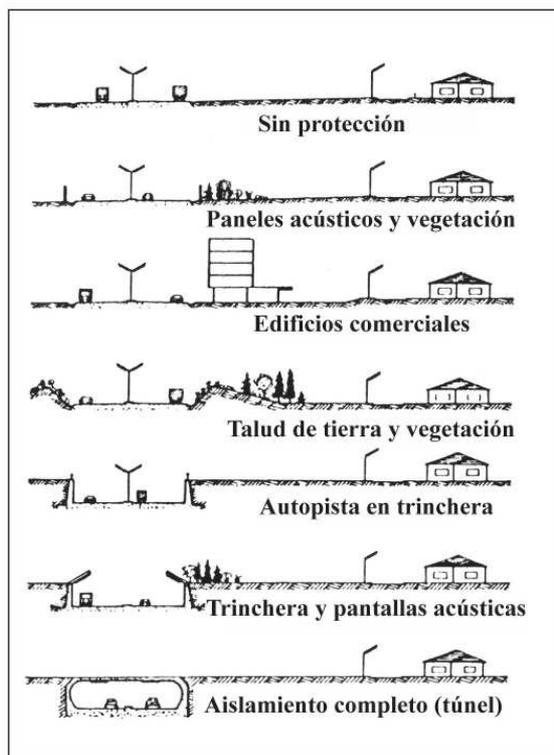
donde:

- λ = Longitud de onda del sonido.

- d = distancia entre la fuente y el receptor.
- $a+b$ = distancia mínima de la onda acústica para llegar de la fuente al receptor.

Se observa la dependencia de la longitud de onda λ y por lo mismo de la frecuencia del sonido difractado. Por otra parte, mientras mayor sea la altura de la barrera o mientras más cerca estén de ella la fuente y receptor, será mayor este número. El número de Fresnel permite obtener el valor de la "Perdida por Inserción (IL)" o atenuación acústica de la barrera.

En la *Figura_8* podemos observar diferentes propuestas para luchar contra el ruido en las proximidades de una autopista. Existen otros casos como puede ser el recubrir por completo una autopista que pasa cerca de una zona residencial con un material absorbente en forma de túnel. Tal medida fue la que las autoridades francesas decidieron tomar para aislar la autopista B6. Esta autopista originaba niveles entre 75 y 80 dB(A) en las fachadas de los edificios próximos y, en comparación con las medidas anteriormente citadas, es una solución mucho más complicada y conlleva un coste económico mucho mayor, además de exigir la instalación de un sistema de iluminación y ventilación permanente.



Figura_8: Propuestas de lucha contra el ruido en las cercanías de una autopista.

2.3.3. ATENUACIÓN ATMOSFÉRICA.

Los valores de atenuación atmosférica sólo tienen cierta importancia para frecuencias altas, y en especial a baja temperatura y humedad relativa. En general, para una determinada frecuencia y temperatura, la absorción disminuye con el grado de humedad. Mientras que en determinadas condiciones atmosféricas, la absorción aumenta con la frecuencia del sonido.

La reducción de ruido al pasar a través del aire depende, entre otros, de los siguientes factores:

- Contenido frecuencial del sonido
- Temperatura ambiental
- Humedad relativa
- Presión ambiental

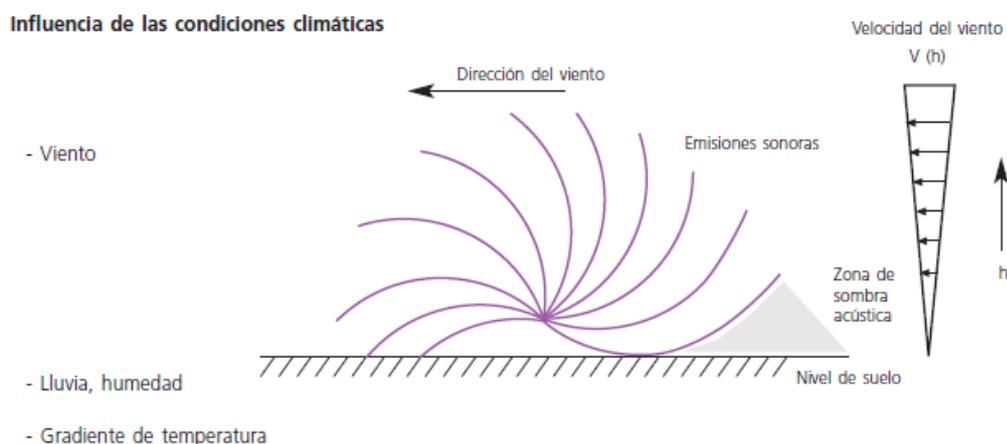
2.3.4. VIENTO Y TEMPERATURA.

El gradiente de temperatura y el viento son dos factores que afectan sensiblemente a la propagación del sonido, y pueden dar lugar a atenuaciones o reforzamientos del nivel sonoro según el gradiente sea positivo o negativo, o según la dirección del viento.

2.3.4.1. VIENTO.

La influencia del viento puede provocar variaciones del orden de 5 dB(A) entre las distintas situaciones.

- En presencia del viento, el sonido, en lugar de propagarse en línea recta, se propaga según líneas curvas.
- En el sentido del viento, el sonido se propaga mejor, y los rayos sonoros se curvan hacia el suelo.
- Contra el viento, el sonido se propaga peor que en ausencia del mismo, y los rayos sonoros se curvan hacia lo alto, de manera que, a partir de una cierta distancia de la fuente (normalmente superior a los 200 metros), se forma una zona de sombra.



Figura_9: Influencia del viento sobre el sonido.

En distancias cortas, hasta 50 m, el viento tiene una influencia pequeña en el nivel de sonido medido. Para mayores distancias, el efecto del viento aumenta considerablemente.

La atenuación debida al viento es un fenómeno muy complejo difícil de modelizar, y en los casos en que existan en un lugar vientos dominantes característicos (son aquellos que a gran escala muestran una evidente regularidad, es decir, que pueden variar, pero soplan casi siempre proviniendo de un mismo sector) es aconsejable realizar mediciones directas para la estimación de su efecto sobre la propagación del ruido.

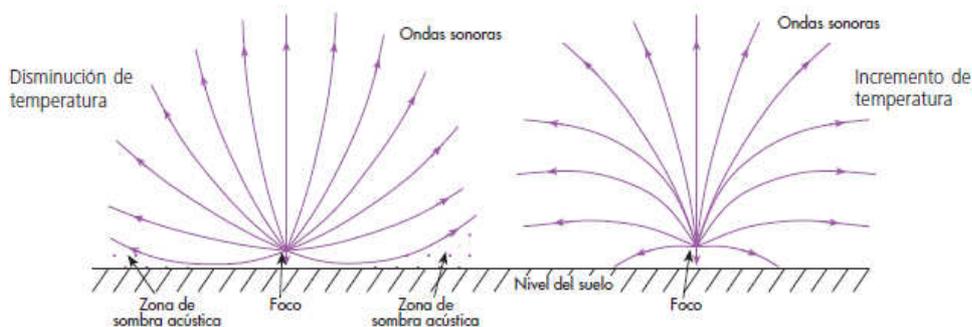
2.3.4.2. TEMPERATURA.

Los gradientes de temperatura crean efectos similares a los de los gradientes de viento, solo que los primeros son uniformes en todas direcciones a partir de la fuente. En un día soleado y sin viento, la temperatura disminuye con la altitud, creando un efecto “sombra” del sonido. En una noche clara, la temperatura puede aumentar con la altitud, “haciendo converger” el sonido en la superficie del suelo.

Influencia de la temperatura

El sonido tiende a “curvarse” en función del gradiente de temperatura.

Su efecto puede llegar a ser importante para distancias grandes.



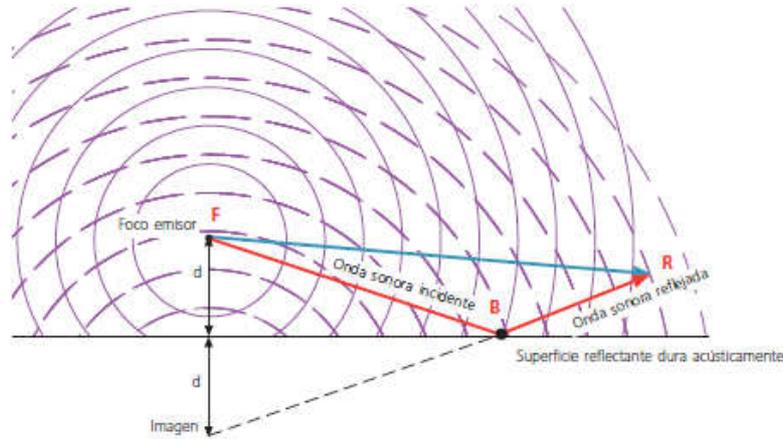
Figura_10: Influencia de la temperatura sobre el sonido.

2.3.5. EFECTOS DEL TERRENO.

La intensidad acústica de la reflexión depende de las características de la superficie: el suelo duro (asfalto, cerámica, cemento...) produce un incremento de la reflexión, el suelo blando (tierra con o sin hierba), debido al repartimiento espacial de la energía acústica, disminuye la reflexión. Del mismo modo, un suelo mojado o una lámina de agua, aumentan el nivel de la reflexión. En la *Figura 11* se aprecia gráficamente lo descrito en una superficie reflectante dura, desde el punto de vista acústico. Si desde el foco emisor “F”, elevado “d” sobre el suelo, dibujamos su simétrico y unimos mediante una recta dicho simétrico con el punto de corte de la onda sonora incidente con el suelo, “B” y la prolongamos, obtendremos la onda sonora reflejada que incidirá en el receptor “R”; de tal forma que en dicho punto receptor se incrementará la presión sonora recibida directamente (F, R), con la reflejada (F, B, R).

Reflexiones con el suelo

Aumento del nivel de presión (Hasta 3 dB)



Figura_11: Influencia del suelo sobre el sonido.

2.3.6. REFLEXIONES.

Cuando las ondas del sonido impactan sobre una superficie, parte de su energía acústica se refleja, parte se transmite a través de ella y parte es absorbida. Si la absorción y la transmisión son bajas, como sucede generalmente en el caso de los edificios, la mayoría de la energía sonora se refleja y se dice que la superficie es muy reflectante. El nivel de presión sonora cerca de la superficie se debe, por lo tanto, a la emisión directa de la fuente y al sonido que llega procedente de una o más reflexiones.

Típicamente, el nivel a 0.5 m de una pared lisa es 3 dB(A) mayor que si no hubiera pared. Las normas requieren a menudo que se excluya el efecto de reflexión de los resultados del informe (condiciones de campo libre).

2.3.7. TIPOS DE PAVIMENTO.

Desde hace tiempo, los técnicos de carreteras están luchando por mejorar en todos los sentidos las capas de rodadura. En la década de los 80, fueron los aglomerados drenantes. Hoy en día se han optimizado las características de los materiales empleados en capa fina, microaglomerados, habiéndose conseguido unos materiales idóneos para su uso en pavimentación de firmes, con mejores prestaciones que las mezclas convencionales utilizadas como capas de rodadura.

2.3.7.1. PAVIMENTOS DRENANTES.

Las capas de rodadura drenantes constituyen un tipo particular de pavimento que fue inicialmente concebido para mejorar la circulación con lluvia y evitar el problema de aquaplaning o hidropilano.

La presencia de agua sobre el pavimento dificulta el contacto del neumático con la superficie del firme, dando lugar a que se produzcan con mayor facilidad ocasiones para el deslizamiento y el vuelco de los vehículos que circulan a altas velocidades.

Con objeto de mejorar la adherencia neumático-pavimento con lluvia o en presencia de agua, se ha desarrollado este tipo de pavimento que facilita la evacuación del agua a su través y el contacto neumático-pavimento. En esencia consiste en colocar en los 4 centímetros superiores del firme una mezcla porosa que actúa como capa de rodadura drenante. Esta capa absorbe y elimina el agua de la superficie del firme, conduciéndola a su través hacia las zonas laterales fuera de la calzada. De esta manera se consigue prácticamente eliminar el problema de hidroplaneo. Así pues, estas mezclas cambian el concepto tradicional de impermeabilizar la superficie de la carretera, trasladando esta función a la capa inferior o a la interfase entre ambas.

Las capas de rodadura drenantes presentan una superficie lisa, sin resaltos, pero con numerosas oquedades. Estas oquedades, comunicadas entre sí, confieren al pavimento una alta macrotextura, del orden de 1,5 a 2,5 mm de profundidad, medida con el ensayo de mancha de arena. Esta macrotextura hace que estos pavimentos mantengan elevada la adherencia neumático-pavimento a altas velocidades.

Otra de las ventajas, cada vez más importante, de este pavimento, es que ofrece una rodadura silenciosa. En los pavimentos densos un aumento de macrotextura supone un aumento del nivel sonoro, mientras que estos pavimentos, a igual textura, son más silenciosos e incluso absorben el ruido del motor.

La reducción de ruido producida por una capa de rodadura drenante respecto a una capa densa del mismo espesor, depende de su espesor y del porcentaje de huecos (Descornet, 1988):

$$\Delta L = 0.005 \cdot n \cdot e$$

siendo:

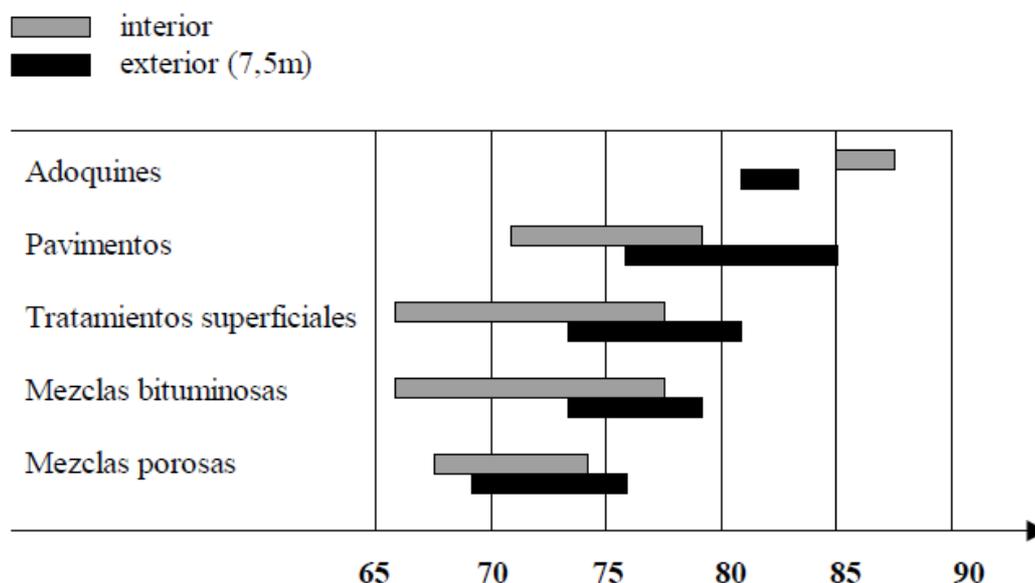
ΔL = reducción del ruido, dB(A)
n = huecos en mezcla, %
e = espesor de la capa de rodadura, mm

Esto quiere decir que se puede obtener una reducción significativa de ruido, del orden de 4 dB(A), si se emplea una capa drenante de 4 cm de espesor y un porcentaje de huecos superior al 20%.

En la *Figura_12* se recoge el efecto que sobre el ruido de rodadura y en el interior del vehículo tiene el empleo de capas de rodadura drenantes frente al empleo de otros tipos de pavimentos. Como término medio se indica una reducción de ruido de 3 a 5 dB(A), frente a un pavimento denso asfáltico, y hasta 15 dB(A), respecto a un pavimento rígido con ranurado transversal. Estas diferencias pueden aumentar con el pavimento mojado ya que entonces el incremento de ruido producido por la presencia de agua es menor en la mezcla drenante.

Una de las principales preocupaciones que plantea la utilización de las mezclas porosas es la progresiva colmatación de sus huecos. Esta colmatación es tanto más lenta cuanto mayor es el porcentaje inicial de huecos en mezcla. Para conseguir una buena drenabilidad y que ésta se mantenga en el transcurso del tiempo es necesario emplear mezclas con un 20% mínimo de huecos. En España y Francia se han llegado a emplear mezclas con un 25-27% de huecos. La colmatación también se retarda empleando granulometrías de tamaño máximo igual o superior a 11 mm. Cuanto mayor es el tamaño del árido más grandes son los huecos y mayores los diámetros de los conductos de comunicación entre poros, aunque por contra, aumenta el ruido de rodadura. Así, al aumentar el

tamaño máximo del árido empleado de 8 a 11 mm o de 11 a 16 mm, se produce un incremento de ruido de 2 dB(A).



Figura_12: Medida del ruido de rodadura sobre diferentes tipos de pavimentos (Descornet)

Los esfuerzos de succión del tráfico tienen un efecto descolmatador, manteniendo alta la permeabilidad del pavimento cuando la polución no es muy alta, caso por ejemplo de autopistas y autovías. Por contra, en zonas de fuerte polución, arcenes sin pavimentar, zonas urbanas, se produce una fuerte colmatación que puede dar al traste con la permeabilidad del firme de no tomar ciertas precauciones, como por ejemplo, el empleo de máquinas de descolmatación, que son efectivas cuando se emplean de forma preventiva, antes de que se produzca la colmatación.

El efecto de la mezcla drenante para aminorar el ruido depende también de su grado de limpieza. A medida que va produciéndose su colmatación disminuye su efecto, llegando a comportarse como una capa densa cuando está colmatada. En la *Figura_13* se recoge la duración de la eficacia de estas capas para distintos tipos de vías de acuerdo con la experiencia francesa.

Por otra parte, las mezclas drenantes presentan una elevada resistencia a las deformaciones plásticas. La observación de las obras en servicio pone de manifiesto que el fallo de estas capas se produce por disgregación, como consecuencia de una falta de cohesión de la mezcla para poder resistir adecuadamente los esfuerzos de succión y tangenciales del tráfico. Es necesario proporcionarle una cohesión y trabazón apropiada y de ello nos hemos de preocupar fundamentalmente en su proyecto.

TIPO DE CARRETERA	DURACIÓN DE LA EFICACIA DE LA REDUCCIÓN DEL RUIDO (AÑOS)
Calles	2
Autopista urbanas	3 – 5
Carreteras nacionales con mucha circulación	3 – 7
Autopistas en zona rural	5 – 8

Figura_13: 1.Duración de la eficacia de las mezclas drenantes con el ruido.

Es por ello que, en España, desde el principio de su empleo, las mezclas porosas se han diseñado en base a su porosidad y su resistencia al desgaste. Esto ha permitido poner siempre en obra mezclas de unas buenas características, que se han comportado adecuadamente, y que, cuando han fallado de forma rápida, los ensayos han mostrado que era debido a falta de compactación, o al empleo de finos de mala calidad que han disminuido la cohesión de la mezcla en presencia de agua. Por ello, es muy conveniente evaluar la mezcla en el ensayo, en húmedo, que nos servirá para conocer la adhesividad árido-ligante y la pérdida de cohesión de la mezcla en presencia de agua.

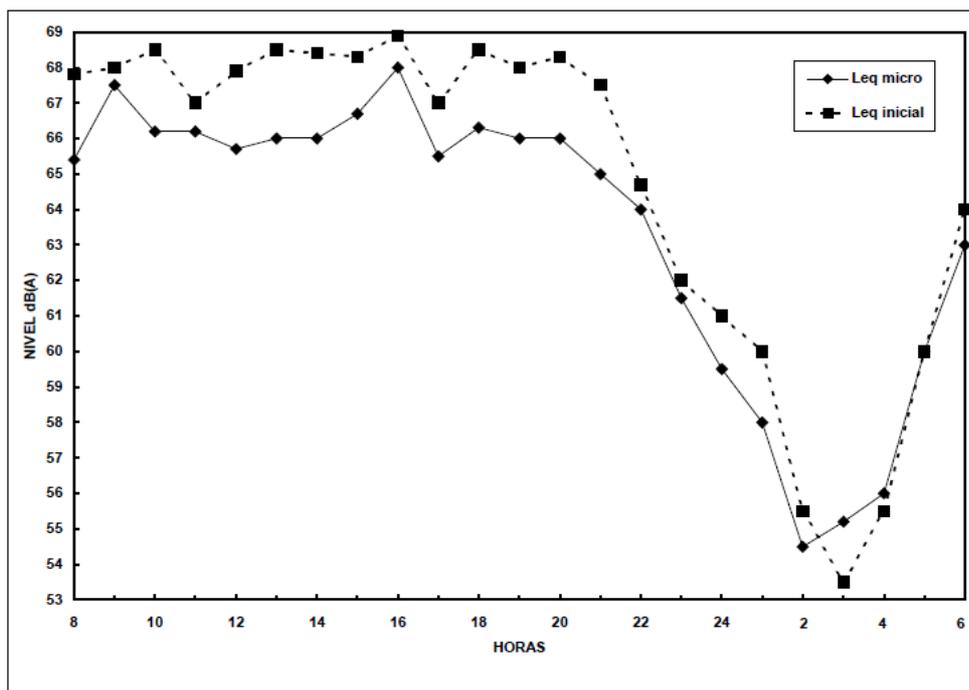
2.3.7.2. PAVIMENTOS MICROAGLOMERADOS.

La técnica de los microaglomerados, mezclas bituminosas con tamaño máximo de árido inferior a 6-10 mm, ha sido empleada desde hace años en la pavimentación de carreteras. En frío, constituyen las lechadas bituminosas que con tanta profusión y éxito se han empleado en la conservación y pavimentación de nuestras carreteras. Pero lo que realmente presenta hoy más interés, por su novedad y ventajas, son los microaglomerados de granulometría discontinua, con fuerte contenido de árido grueso y escasa presencia de árido fino, derivados en parte de la utilización y tecnología de las mezclas porosas.

Con este tipo de mezclas se ha constatado una disminución del ruido de rodadura de los vehículos respecto a las mezclas convencionales. En los pavimentos densos el ruido de rodadura está asociado con dos longitudes de onda críticas de las irregularidades superficiales (Sandberg, 1980). Por una parte, las irregularidades de longitud de onda próxima a 80 mm; al aumentar la amplitud de este tipo de irregularidades aumenta el ruido de rodadura, sobre todo a bajas frecuencias, predominantes en el ruido del tráfico. Por contra, cuando las irregularidades de longitud de onda próximas a 3 mm aumentan en amplitud disminuye el ruido de rodadura a altas frecuencias (>1000 Hz).

El empleo de microaglomerados de granulometría discontinua que permiten obtener una superficie de rodadura muy lisa y de macrotextura negativa, hace que los mecanismos de generación de ruidos se vean amortiguados. Apenas existen excitaciones que produzcan vibraciones o deformaciones de los neumáticos y los fenómenos de compresión y expansión de bolsas de aire se ven disminuidos por la elevada macrotextura del pavimento. Diversas mediciones efectuadas indican reducciones del nivel sonoro de 1,5 a 2 dB(A) con pavimento seco, *Figura_14*, y de 2 a 5 dB(A) con pavimento mojado, respecto a las mezclas habituales para capas de rodadura, aunque en cualquier caso, no alcanzan el nivel conseguido por las mezclas drenantes.

Para garantizar una adecuada durabilidad, estas mezclas finas, de granulometría discontinua, deben presentar una elevada resistencia a la abrasión, sin que, debido a su elevado contenido de ligante, se produzcan problemas de escurrimiento durante el transporte de la mezcla, ni aumente el riesgo de deformaciones plásticas.



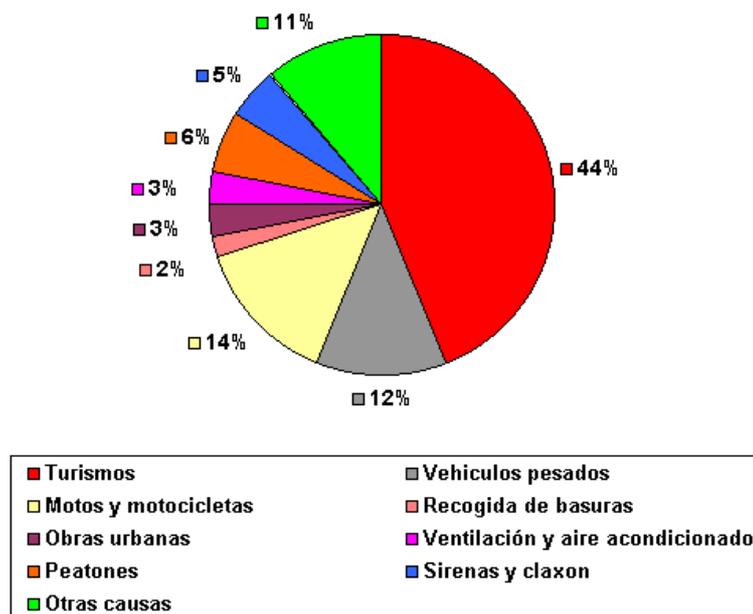
Figura_14: Disminución del ruido del tráfico mediante el empleo de un microaglomerado

2.4. RUIDO DE TRÁFICO.

Es un lugar común en todas las investigaciones señalar que son los vehículos a motor la fuente principal de contaminación acústica. De hecho existe un gran consenso para apuntar que nada menos que el 80% de la contaminación acústica que se genera en nuestras ciudades procede de esta fuente. El tráfico rodado es, pues, la fuente principal de contaminación acústica y sobre él se ha de centrar nuestros esfuerzos. Otras fuentes, también a considerar, aunque con una importancia cuantitativa mucho menor, serían la actividad industrial, con una aportación a la contaminación acústica en torno al 10%; el tráfico por ferrocarril que, según los expertos, puede suponer en torno al 6% del ruido total; y los bares, discotecas, locales de ocio, etc., cuya aportación puede significar en torno al 4%. El tráfico aéreo es también una fuente de contaminación acústica que hay que tener en cuenta, aunque su incidencia sonora suele estar muy localizada en las zonas limítrofes a los aeropuertos y sólo muy indirectamente contribuiría a aumentar los niveles acústicos de la ciudad.

A continuación se representa en la *Figura_15* los porcentajes de los distintos tipos de ruidos urbanos que nos podemos encontrar en cualquier ciudad.

Fuentes principales de los niveles de ruido urbano



Figura_15: Fuentes principales de los niveles de ruido urbano.

Volviendo al tráfico rodado como la principal fuente de contaminación, no debe extrañar que el problema del tráfico está directamente relacionado con la movilidad en la ciudad. «La distribución funcional del territorio, basada en un modelo de desarrollo urbano disperso y zonificado, ha llevado a la creación de una extensa red de calles y avenidas que enlazan las distintas zonas de la ciudad por las que circulan de forma constante e ininterrumpida los diferentes medios de transporte.» Por otro lado, «el desarrollo zonal, la segregación espacial y social de las áreas metropolitanas, ha convertido la vida urbana en algo extremadamente complejo, obligando a la población a incrementar considerablemente su movilidad y hacer un uso continuado del coche». «En este modelo de ciudad difusa, el individuo se convierte en una entidad difícilmente disociable del automóvil».

En este contexto social y espacial, se constata, según la OCDE, que hay un predominio de los ruidos provocados por los medios de transporte en relación con las demás fuentes de ruido y, en concreto, que dependiendo de cada país en particular entre el 15% y el 40% de la población está sometida a niveles de ruido superiores a 65 dBA procedentes del tráfico. Según Lercher (1996), el porcentaje medio de la población europea expuesta a tales niveles ha pasado del 15% al 26% durante la última década.

En el último informe realizado por la OCDE, España aparece como el país más ruidoso después de Japón, con un 23 % de la población sometida a niveles superiores a los 65 dB(A) (valor considerado como nivel aceptable para el ser humano) siguiéndonos Grecia con un 20 %, tras la que se sitúa Francia con un 16 %. Estos datos demuestran que más de 63 millones de ciudadanos europeos están sometidos a niveles no aceptables de ruido.

Esto se debe a que a partir de la década de los sesenta se ha producido un aumento exponencial de los medios de transporte y de su utilización, provocando un sensible incremento de los niveles de ruido de fondo en los ambientes exteriores, principalmente en los núcleos urbanos. El ruido producido por el tráfico es una secuencia temporal de la suma de niveles sonoros variables generados por los vehículos que circulan. Procede del motor y de las transmisiones y la fricción

causada por el contacto del vehículo con el suelo y el aire. Todo ello aumenta el nivel sonoro con el incremento de la velocidad y el deterioro de su estado de conservación. Otras circunstancias relevantes en la generación de esta clase de ruido son el volumen y la categoría del vehículo (las motos y camiones son más ruidosos que los coches); la cantidad de los vehículos que circulan y los que lo hacen al mismo tiempo por un lugar determinado; el tipo de calzada –adoquines, hormigón, asfalto, etc. y su conservación; el trazado de la vía y el tránsito por zonas que implican cambios frecuentes de velocidad y potencia (semáforos, cuestas, intersecciones). Finalmente influyen también las condiciones físicas de propagación sonora desde la vía hasta el receptor. Todas ellas constituyen factores que influyen de manera notable en los niveles de ruido ambiental producidos por el tráfico de los vehículos.

Para ver la gravedad del problema, basta con echar una mirada a la evolución del tráfico rodado en nuestras ciudades. Si hasta hace unos años era el cabeza de familia el que hacía uso del coche para trasladarse al trabajo, en la actualidad el coche se ha generalizado como un elemento necesario de la vida cotidiana de toda la familia. El coche es hoy un artefacto necesario de los jóvenes para ir al colegio, a la universidad, al trabajo o a los lugares de diversión; pero lo es también para la madre que tiene que ir a hacer la compra, o para solucionar los problemas que genera la vida cotidiana. El problema no es sólo que hay más coches, sino también que nos movemos más, y les sacamos más rendimiento.

Actualmente existen en el mundo más de 400 millones de automóviles y según estudios realizados por el Instituto del ruido de Londres, la energía sonora total emitida a la atmosfera tiene su origen en:

Para entender las consecuencias que produce el ruido de tráfico hay que estudiar cuales son los fenómenos que lo producen, y para ello, en primer lugar se estudiará el ruido producido por un solo vehículo, para después analizar el producido por el conjunto de vehículos cuando circulan por las redes viarias.

2.4.1. DESCRIPCIÓN DEL RUIDO PRODUCIDO POR UN VEHICULO.

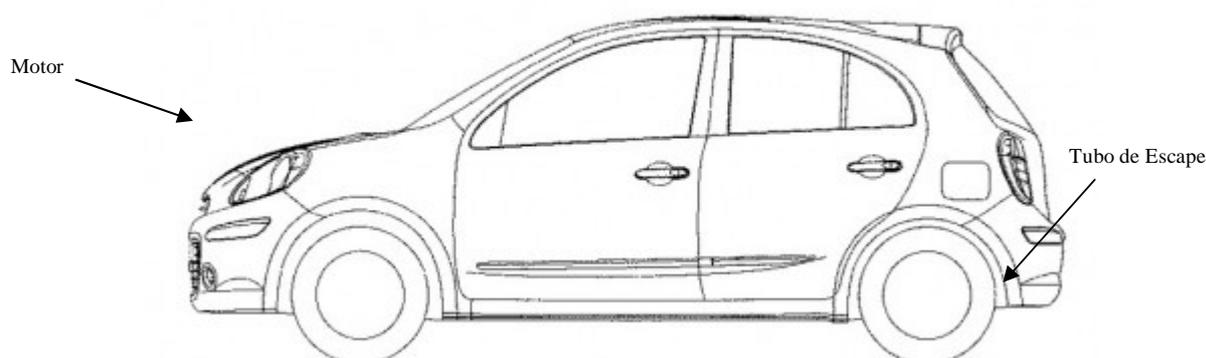
Para un observador fijo situado cerca de una carretera, el paso de un vehículo por la misma, se percibe como un ruido que sobresale del ruido de fondo o ambiente y que va aumentando de nivel a medida que el vehículo se acerca al observador, pasando por un máximo que coincide, normalmente, con el punto de la trayectoria cuya distancia al observador es mínima y descende paulatinamente a medida que el vehículo se aleja, hasta enmascarse con el ruido ambiente.

Colocando un instrumento de medida en el lugar del observador, capaz de registrar la variación del nivel sonoro con el paso del vehículo, se observa que este deja una impresión sonora denominada *firma sonora* característica del tipo de vehículo, de las condiciones de conducción y de las condiciones del escenario geográfico por donde se desplaza, pudiéndose asemejar su firma sonora a la fuente puntual en movimiento.

En la actualidad todos los vehículos se mueven mediante un motor de explosión interna, refrigerando por agua o aire, del tipo diesel o a gasolina, y expulsando los gases procedentes de la combustión a través de un silenciador, situado en la parte inferior trasera del mismo.

La principal fuente generadora de ruido en un vehículo de forma aislada cuando circulan a elevada velocidad, procede de la interacción entre el pavimento y el neumático. Este ruido se denomina ruido de rodadura y depende de la velocidad del vehículo, característica del neumático, estado de la calzada, etc...

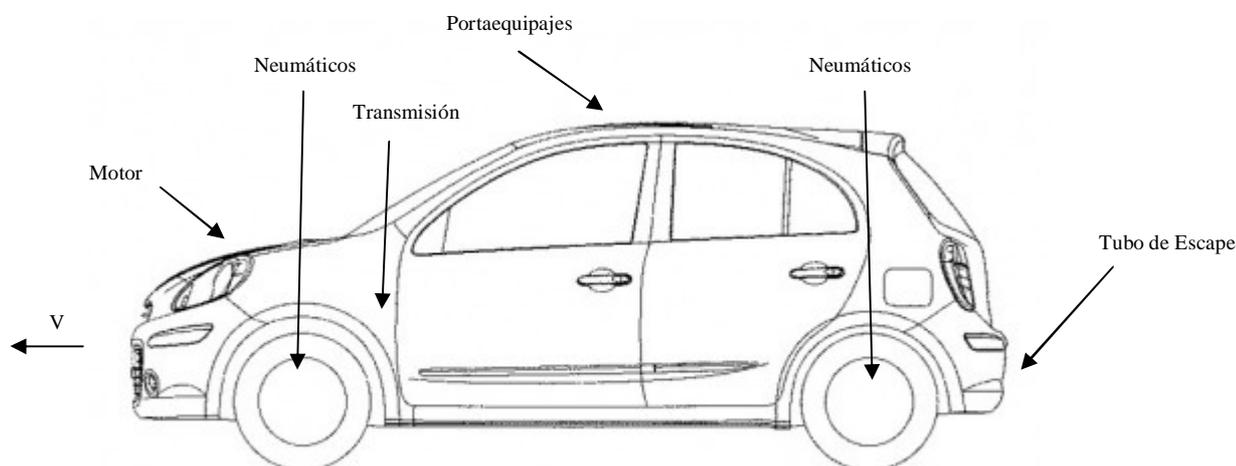
El vacío generado por los cilindros origina una aspiración de aire exterior a través de un filtro, lo que origina una nueva fuente de ruido. Esta serie de focos sonoros de un vehículo se completa con el emitido directamente al exterior por el tubo de escape, junto con el emitido a través de las paredes de los tubos y silenciadores. Todas estas fuentes sonoras del vehículo son independientes de que el vehículo esté en movimiento o estacionario, y están esquematizadas en la *Figura_16*.



Figura_16: Fuentes de ruido en un vehículo estacionario.

En un vehículo aparecen otras fuentes de ruido paralelas al anteriormente mencionado ruido de rodadura, que dependen de otros factores como podrían ser la velocidad del vehículo o el propio mantenimiento de éste. Por lo que la aportación de éstas también debe ser considerada a la hora de poder reducir los niveles de ruido provocados por el tráfico rodado. Estos focos de ruido pueden ser

por ejemplo: los mecanismos de transmisión de potencia del motor a las ruedas, el ruido aerodinámico del vehículo al desplazarse, los sistemas auxiliares (sistemas de frenos, bombas, etc.), además de otra serie de fuentes accidentales como pueden ser piezas semisueitas, carga, portaequipajes, etc... representadas en la *Figura_17*.



Figura_18: Fuentes de ruido en un vehículo en movimiento.

A continuación se indican las principales fuentes productoras de ruido en un vehículo y los niveles máximos que pueden alcanzar cada una de ellas.

Vehículo detenido:

- Motor: Irradia ruido debido a explosiones y mecanismos. Puede producir hasta 78 dB(A).
- Ventilador: Refrigeración del motor. Puede producir hasta 82 dB(A).
- Filtro de aire: Paso a través del filtro. Puede producir hasta 75 dB(A).
- Tubo de escape: Puede llegar a producir hasta 85 dB(A).
- Frenos: Nivel de ruido indeterminado. Cuando se utilizan el ruido viene producido por chirridos de las zapatas.

Vehículo en movimiento:

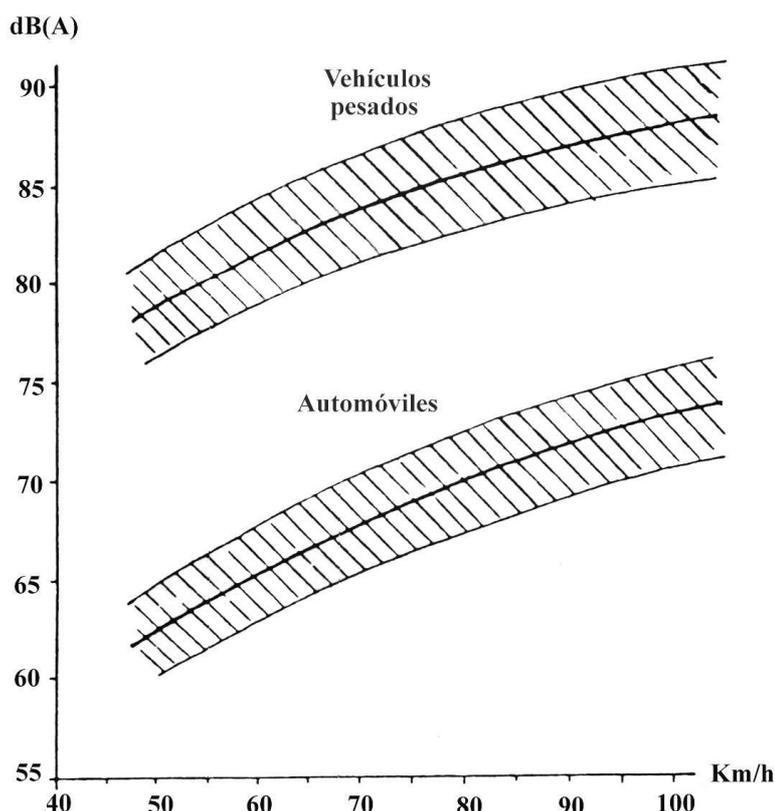
- Carrocería, Aerodinámicos: Nivel indeterminado que depende del perfil del vehículo y de la colocación de la carga sobre el mismo.
- Neumático, Rodadura: Hasta 75 dB(A) para velocidades inferiores a 60 km/h.
Hasta 95 dB(A) para velocidades superiores a 60 km/h.

El ruido total puede llegar a 90 dB(A) para velocidades inferiores a 60 km/h, y a 96 dB(A) para velocidades superiores a 60 km/h. Estos niveles se entienden medidos a 1.5 metros de la fuente productora del ruido.

Se distinguen el conjunto global de vehículos en dos categorías:

- Los **vehículos ligeros**, aquellos cuyo peso cargado es inferior a 3.5 toneladas, perteneciendo a esta categoría los turismos y las furgonetas.
- Los **vehículos pesados**, aquellos cuyo peso cargado es superior a las 3.5 toneladas, perteneciendo a esta categoría el resto de vehículos comerciales como: camiones, autobuses y vehículos industriales.

En la *Figura_19* se representa la variación nivel sonoro que producen los vehículos pesados y los vehículos ligeros en función de su velocidad.



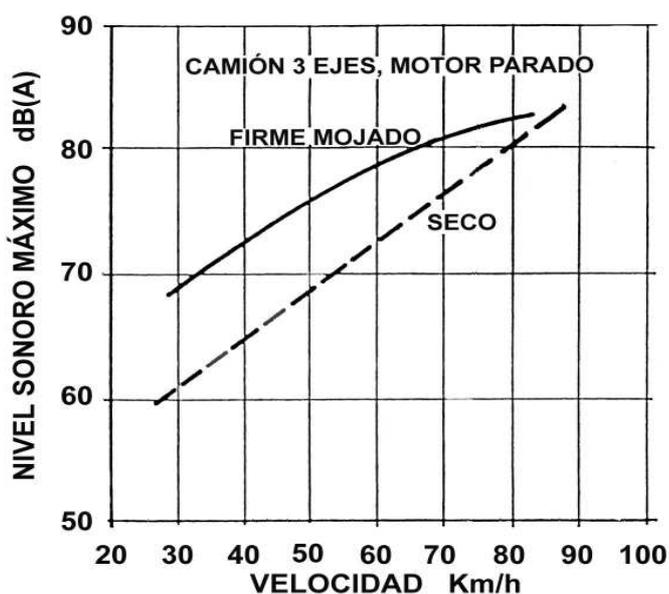
Figura_19: Variación con la velocidad, del nivel sonoro en función del tipo de vehículo

Cuando un vehículo ligero circula a velocidades bajas y medias, el motor y el escape son las fuentes claramente dominantes, en todos los vehículos. Para velocidades altas, normalmente superiores a 80 km/h., la contribución de la interacción de los neumáticos con el firme se hace significativa y prácticamente dominante a partir de los 100 km/h.

En el nivel del ruido producido por rodadura influye la velocidad del vehículo, el dibujo de la cubierta, su estado de conservación, la presión de inflado y el tipo de pavimento. El dibujo transversal de la cubierta puede producir hasta 3 dB(A) más que los dibujos longitudinales.

Los pavimentos lisos son, a altas velocidades, más silenciosos que los de textura rugosa, si están secos, pues mojados resultan justo al revés, ya que ofrecen más dificultades para desalojar el agua. A velocidades bajas no existen diferencias apreciables. En un suelo mojado pueden llegar a producirse incrementos sonoros sobre pavimentos clásicos del orden de 4 dB(A) en relación con el producido con el mismo pavimento seco.

En la *Figura_19* se representa la influencia del firme en el ruido de rodadura.



Figura_19: Influencia del estado del firme en el ruido de rodadura.

Para vehículos pesados, el ruido provocado por el motor y el escape, siguen siendo dominantes a todas las velocidades prácticas, contribuyendo los neumáticos únicamente en aquellos vehículos con tres o cuatro ejes y 10 o 14 neumáticos.

En el caso de vehículos pesados, la relación potencia del motor/peso total del vehículo es mucho más baja que para vehículos ligeros, lo que implica que para mantener una velocidad cualquiera, el motor ha de trabajar a altas revoluciones o potencia elevada.

La consecuencia inmediata de este hecho, es una variación del nivel sonoro con la velocidad, inferior a la de los automóviles, tal y como se muestra también la *Figura_20* y en la *Tabla_2*.

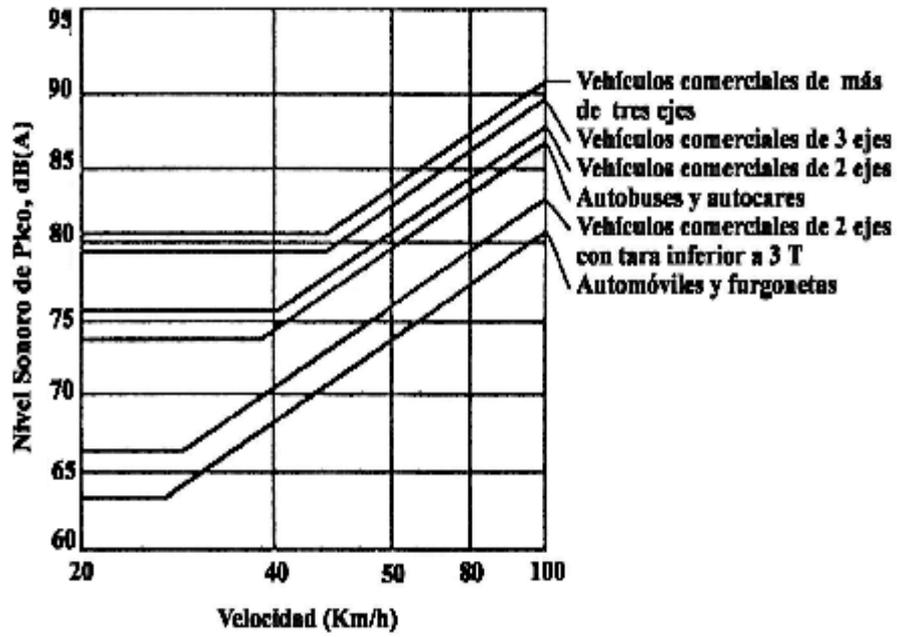


Figura 20: Influencia de la velocidad en el ruido emitido por distintas categorías de vehículos.

Tipo de vehículo y Funcionamiento		Nivel de Presión Sonora L (dBA)
Ciclomotores		73,0
Motocicletas		78,0
Automóviles		
	Motor Gasolina	71,0
	Motor Diesel	72,0
Furgones		
	Motor Gasolina	72,5
	Motor Diesel	75,0
Autobuses		
	Arranque	77,0
	Acelerado	82,5
	Velocidad constante (50km/h)	81,0
	Velocidad de crucero (90km/h)	84,0
Camiones		
	Potencia ≤ 105 kW	79,5
	Potencia ≤ 150 kW	82,5
	Potencia > 150 kW	85,0

Tabla_2: Niveles medios del ruido emitido por distintos tipos de vehículos en conducción urbana, a 7,5 m de distancia.

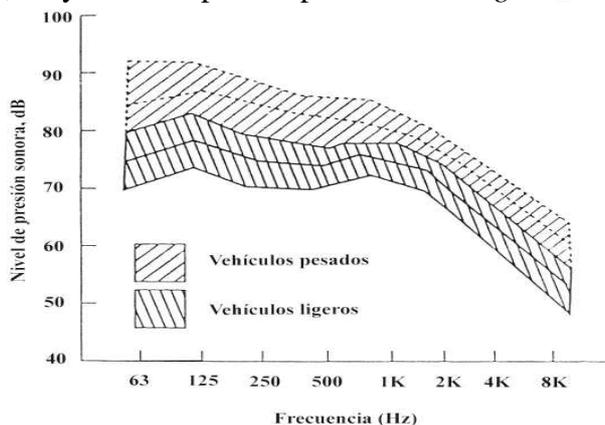
En la siguiente tabla se citan los niveles máximos admisibles para vehículos nuevos fijados en la legislación:

	LÍMITES SONOROS ACTUALES PARA EMISIONES DE VEHÍCULOS A MOTOR				
	CEE	USA	SUIZA	JAPÓN	OCDE
TURISMOS	77	--	75-77 ^{II}	78	75
FURGONETAS (menos de 3.5 T)	78-79 ^I	--	75-79 ^{II}	78	75
AUTOBUSES (menos de 3.5 T)	78-79 ^I	--	75-77 ^{II}	78	75
CAMIONES (menos de 150 Kw)	83	86	82	83	80
AUTOBUSES (menos de 150 Kw)	80	83	80	83	80
GRANDES CAMIONES (más de 150 Kw)	84	86	84	83	80
GRANDES AUTOBUSES (más de 150 Kw)	83	83	82	83	80
GRANDES MOTOS (más de 500 c.c.)	80	83	83 ^{III}	75	75

Tabla_3: Limites sonoros para emisiones de vehículos a motor.

- a) Medidos a 7.5 metros del vehículo en aceleración (ISO R 362 en dB(A).
- b) Aumento de 1dB(A) en los vehículos DIESEL de inyección directa.
- c) Con más de cuatro velocidades.
- d) Medido en segunda velocidad a $\frac{3}{4}$ del régimen máximo.

En cuanto a los espectros de frecuencia, la banda de variación de los vehículos pesados está por encima de los ligeros, pero son muy similares en su distribución, predominando las bajas frecuencias sobre las altas, tal y como se puede apreciar en la *Figura_21*.



Figura_22: Espectros de ruido y banda de variación para vehículos pesados y ligeros

2.4.2. DESCRIPCION DEL RUIDO DEL TRÁFICO.

En el apartado anterior hemos estudiado las características del ruido producido por un vehículo aislado del resto de vehículos que conforman el tráfico. Sin embargo el ruido ambiental, en la mayor parte de situaciones, está compuesto por el ruido de numerosos vehículos de distintos tipos, en continuo movimiento.

Si la intensidad de tráfico es baja, la distancia media entre vehículos es grande y el paso de ellos es prácticamente independiente del resto, con notables períodos de tiempo durante los cuales el ruido se mantiene constante o casi constante, en el nivel de fondo. Es lo que ocurriría en el caso de una carretera rural y local.

A medida que aumenta la intensidad de tráfico, la distancia media entre vehículos disminuye y cada vez se escucha menos el ruido de fondo. En este caso podía llegarse al caso ideal de un tráfico tal que, cuando el ruido generado por un vehículo disminuye hasta el ruido de fondo, comienza a aumentar el nivel de nuevo por acercarse el siguiente vehículo. A este tráfico correspondería la máxima variación del nivel sonoro con el tiempo. Este caso ideal implicaría que todos los vehículos fuesen idénticos y equidistantes en su movimiento. Esta variación continua del nivel sonoro con el tiempo es la característica más destacada del ruido de tráfico.

Para todo tráfico superior a ese tráfico ideal, el ruido ambiente estaría dominado completamente por el tráfico de la carretera ya que incluso el ruido de fondo sería debido al tráfico. Teóricamente hasta alcanzar ese tráfico ideal, el ruido de los vehículos es independiente, sin embargo para intensidades de tráfico superiores los vehículos comienzan a interferir acústicamente, pudiéndose alcanzar tal intensidad de tráfico que el ruido fuera prácticamente constante con el tiempo.

En este último caso, la carretera podría asemejarse a una fuente lineal caracterizada por cierta potencia acústica por unidad de longitud, en contraste con la fuente puntual con la que se había idealizado un vehículo individual.

Las continuas variaciones del nivel sonoro producido por el tráfico con el tiempo son debidas a:

- El carácter aleatorio del tráfico en calles y carreteras.
- La existencia en el tráfico de vehículos con muy distintas mecánicas y con distinta emisión de ruido.
- La distinta velocidad de los vehículos, directamente relacionada con la emisión sonora.
- La influencia de la forma de conducción.
- El estado de conservación del vehículo.
- La fluidez del tráfico.
- La pendiente de la calzada.
- Las condiciones de propagación del sonido desde la vía de circulación al observador.
- El trazado de la carretera y el estado del firme.

Si se analizan las frecuencias que componen el ruido producido por el tráfico, se obtiene la distribución frecuencial, que según la precisión que sea requerida, serán en bandas de octava o de tercios de octava.

Los espectros frecuenciales pueden resultar diferentes para vehículos aislados, o en carreteras de poco tráfico, según puedan ser las características de éste, sin embargo para carreteras de gran circulación las diferencias se van limando y resultan todos muy parecidos.

2.4.2.1. TRÁFICO FLUIDO.

Uno de los requisitos que se imponen al desarrollar las metodologías de cálculo de los niveles de ruido de tráfico suburbano e interurbano es el de la fluidez del tráfico, entendiéndose por fluidez el desplazamiento de los vehículos sin interrupciones en su movimiento, de forma que no se produzcan aceleraciones, paradas o tales intensidades de tráfico que obliguen a los vehículos a reducir la velocidad y desplazarse en marchas cortas.

El tráfico fluido está caracterizado por un régimen de motor de marchas largas, velocidades medias y altas y poca interacción de unos vehículos con otros, es el tráfico característico de una autopista en la que los vehículos se desplazan a velocidades constantes o casi constantes.

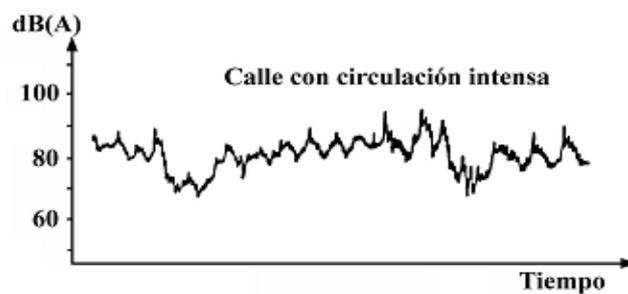
2.4.2.2. TRÁFICO URBANO.

El tráfico urbano, a diferencia del caso anterior, implica que los vehículos difícilmente se muevan con fluidez. La mayor intensidad de tráfico, los cruces controlados y las características de las calles por donde circulan hacen que un vehículo se vea obligado a moverse en una serie de aceleraciones y desaceleraciones, con pequeños períodos de movimiento fluido y otros completamente estacionarios.

A continuación, en la *Figura_23* y *Figura_24* se muestra la representación gráfica del ruido medido en una calle de una ciudad con una circulación intensa y escasa. En la correspondiente a circulación escasa se puede apreciar la existencia de un ruido de fondo de unos 50 dB(A) sobre el que destaca claramente el paso de algunos vehículos aislados en forma de cimas más o menos acusadas. En el caso de circulación intensa, el nivel de ruido de fondo es mucho mayor, en torno a los 70 dB(A), y la existencia de máximos individualizados ya no es tan evidente, sin embargo las fluctuaciones en los valores del nivel de ruido son ahora más reducidas. En este segundo caso se pueden apreciar dos pequeños valles producidos por la interrupción del tráfico, debido a la regulación del mismo por semáforos.

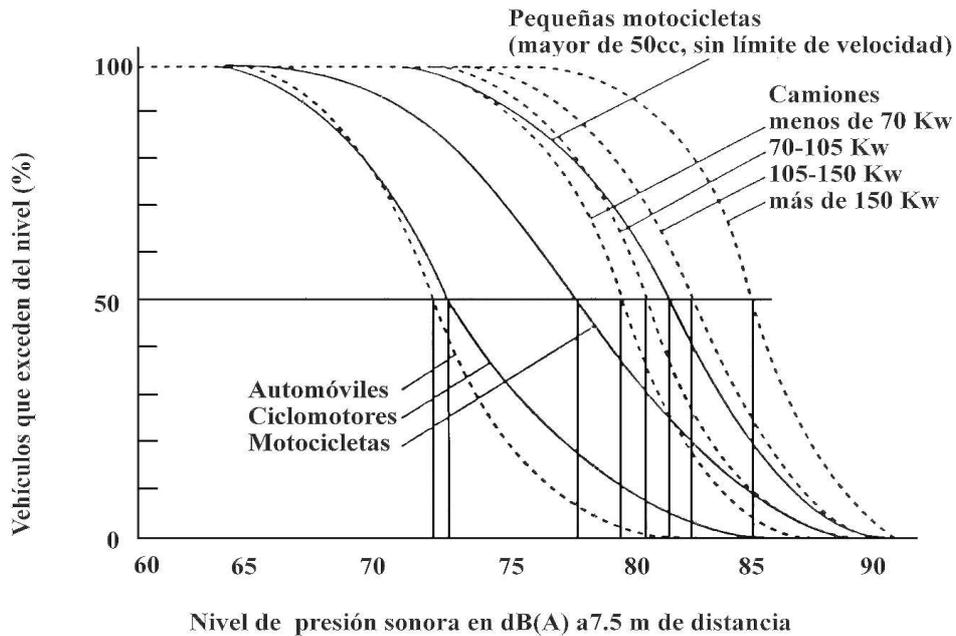


Figura_23 Ruido medido en una calle con circulación escasa.



Figura_24: Ruido medido en una calle con circulación intensa.

En la *Figura_25* se muestra el comportamiento (porcentaje) de vehículos que superan ciertos niveles de emisión (niveles máximos o peak) por tipo de vehículo, calculado a una distancia de 7.5 metros del centro de la vía por donde circulan. Ello fue obtenido de una muestra elaborada por Nelson, en los Estados Unidos.



Figura_25: Nivel de emisión máximo por tipo de vehículo.

3. EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD Y EL BIENESTAR.

Los parámetros meramente acústicos no sirven por sí solos para evaluar el impacto del ruido, pues la medición de una energía acústica no significa casi nada si no se pone en relación con su traducción biológica y psicológica en las personas. En este sentido, es la posibilidad de que el ruido ambiental provoque efectos negativos sobre la salud humana lo que ha estimulado en gran medida las investigaciones en este campo, de manera que la mayoría de los estudios se han centrado en conocer cuáles son los niveles de contaminación acústica del medio ambiente y en qué medida afectan a la salud y al bienestar de las personas.

La situación general de degradación ambiental acústica puede incidir sobre la salud y el bienestar de los individuos, y es esta posibilidad el motivo principal que ha impulsado las investigaciones. Los resultados de las mismas han permitido conocer con bastante exactitud los efectos de la exposición a niveles sonoros elevados sobre la capacidad auditiva de los individuos, pero hasta el momento es mucho más incierta la relación entre el ruido ambiental y sus repercusiones no auditivas en la población.



Figura_26: Posibles consecuencias de una exposición continuada al ruido

A continuación vamos a explicar los tres efectos del ruido sobre la salud y el bienestar que son: fisiológicos, psicológicos y económicos.

3.1. EFECTOS FISIOLÓGICOS.

3.1.1. EFECTOS AUDITIVOS

La exposición a niveles de ruido intenso durante un período de tiempo, genera pérdidas de audición, que si en un principio son recuperables cuando el ruido cesa, con el tiempo pueden llegar a hacerse irreversibles. A su vez, la exposición a niveles de ruido de mediana intensidad, pero con una prolongación mayor en el tiempo, repercute en forma similar, traduciéndose ambas situaciones en desplazamientos temporales o permanentes del umbral de audición. Hay que precisar sin embargo, que los estudios hasta ahora desarrollados muestran diversas relaciones entre los niveles de ruido y la pérdida de audición, de allí lo complejo que resulta medir este fenómeno.

- **Desplazamiento temporal de umbral auditivo. (TTS: Temporary Threshold Shift):** El TTS consiste en una elevación del umbral de audición producida por la presencia de un ruido, existiendo recuperación total al cabo de un período de tiempo, siempre que no se repita la exposición al mismo.

Nivel Sonoro (dBA)	Efectos
70 – 80	Seguro.
85	Principio de pérdida auditiva.
90	Principio de pérdida seria.
95	50% de probabilidad de deterioro auditivo.
105	Perdida en todos los individuos expuestos.

Tabla_4: Niveles sonoros de riesgo para la audición.

Sobre la pérdida temporal de audición, la *Tabla_4* muestra niveles de ruido riesgosos para la audición de las personas, y la *Tabla_5*, relaciona el riesgo de exposición de ciertos niveles (dBA), considerando las variables repetición del ruido y horas dentro de las cuáles ocurre esta repetición del ruido en un día.

En la *Tabla_5*, el encabezado de la columna indica el número de veces que el ruido puede ocurrir diariamente, debajo está el promedio de nivel de sonido del ruido, directamente a la izquierda, en la primera columna se encuentra la duración total del ruido peligroso permisible por un período de tiempo. Está permitido interpolar si es necesario.

Duración Total de Ruido en 24 h.	Número de Veces que el Ruido Ocurre Diariamente							
	1	3	7	15	35	75	160	Más
8 horas	89	89	89	89	89	89	89	
6	90	92	95	97	96	94	93	
4	91	94	98	101	103	101	99	
2	93	98	102	105	108	113	117	
1	96	102	106	109	114	125	125	(1 ½ hrs)
30 min	100	105	109	114	125			
15	104	109	115	124		Nivel de Sonido de Ponderación A		
8	108	114	125					
4	113	125						
2	123							

Tabla_5: Relación del riesgo de exposición a ciertos niveles.

- **Desplazamiento permanente de umbral auditivo. (PTS: Permanent Threshold Shift):**

Es consecuencia del TTS, agravado por el paso del tiempo y la exposición al ruido. Cuando un individuo ha sido sometido a numerosos TTS durante años, la recuperación del umbral va siendo cada vez más lenta y parcial, al punto de tornarse irreversible. Se vincula directamente con la *Presbiacusia* o pérdida de la sensibilidad auditiva debida a los efectos de la edad. La sordera producida es de percepción y simétrica, lo que significa que afecta ambos oídos con idéntica intensidad.

- **Efecto Máscara:** Se produce cuando un sonido impide la percepción total o parcial de otros sonidos, lo cual puede resultar nefasto cuando perturba la percepción de mensajes necesarios para evitar riesgos y accidentes, o para realizar correctamente algún trabajo.

- **Fatiga auditiva:** La fatiga auditiva o déficit temporal de la sensibilidad auditiva, persiste cierto tiempo después de la supresión del ruido que la provocó, aunque pueda disminuir progresivamente hasta su desaparición total.

- **Fenómeno de los acúfenos:** Son ruidos que aparecen en el interior del ruido humano por la alteración del nervio auditivo, y hacen que quien los padece escuchen un pitido interno constante, que le causa ansiedad y cambios de carácter. Su origen se atribuye al ruido urbano.

3.1.2. EFECTOS NO AUDITIVOS.

La señal acústica que percibe el cerebro repercute en el conjunto del organismo, produciendo diversos efectos no específicos y, a veces, muy difíciles de determinar y evaluar. Se sabe con certeza que el ruido conlleva efectos negativos de tipo fisiológico que afectan a la visión, al estrés, la presión sanguínea, la tensión muscular.

A continuación se mencionan algunos:

- **Alteraciones Cardiovasculares:** Se han observado efectos vegetativos como la variación del ritmo cardíaco y vasoconstricciones del sistema periférico. Se ha demostrado que ciertos niveles de ruido causan efecto de vasoconstricción en el sistema circulatorio. En sujetos testados ese efecto fue: perceptible a los 52 dBA; pronunciado a los 72 dBA; considerado peligroso a los 85 dBA. Entre los 95 dBA y 105 dBA se producen afecciones en el riego cerebral, por espasmos o dilataciones de los vasos sanguíneos, además de alteraciones en la coordinación del sistema nervioso central.

- **Alteraciones Hormonales:** A partir de niveles de ruido de 60 dB (una conversación durante la comida) ya se observan alteraciones en los niveles de algunas hormonas. Lo primero es un aumento de adrenalina y noradrenalina que está en relación directa con el nivel de ruido (estas dos sustancias son potentes vasoconstrictores y responsables en parte de la HTA secundaria al ruido). También se aprecian aumentos de otras hormonas producidas o estimuladas por la hipófisis como son la ACTH y el cortisol, que suelen elevarse como respuesta a situaciones de estrés. Especial mención merece el campo de la inmunomodulación y su interrelación con el sistema vegetativo; cada vez son mayores las evidencias de que el estrés condiciona una disminución de las defensas inmunológicas facilitando la aparición de procesos infecciosos, sobre todo víricos. La posibilidad de un incremento en la incidencia de cáncer se está investigando, sin que por el momento se hayan encontrado evidencias claras en este sentido.

- **Alteraciones Respiratorias:** Tanto el informe de la OMS sobre el ruido (2004) como diferentes trabajos científicos, incluido el de Tobias et al. (2002) y el de C. Linares (2006) en Madrid, demuestran un aumento en la incidencia de procesos respiratorios y de sobrecarga de las urgencias hospitalarias que no puede justificarse únicamente por el incremento de los gases contaminantes de las ciudades. En concreto hay una correlación muy positiva con los episodios de bronquitis que sugieren un efecto del ruido sobre los mecanismos de inmunorregulación ya que, además, se aprecia un incremento de los procesos alérgicos en áreas de exposición aumentada al ruido.

- **Alteración del Sueño:** El ruido puede provocar dificultades para conciliar el sueño y también despertar a quienes están ya dormidos. El sueño permite entre otras cosas descansar, ordenar, y proyectar nuestro consciente, esto es un hecho, así como también está claro que está constituido por al menos dos tipos distintos de sueño: El sueño clásico profundo (el que a su vez se divide en cuatro fases distintas), y el sueño paradójico (REM). Se ha comprobado que sonidos del orden de los 60 dBA reducen la profundidad del sueño. Dicha disminución se acrecienta a medida que crece la amplitud de la banda de frecuencias, las cuales pueden llegar a despertar al individuo, dependiendo de la fase del sueño en que se encuentre y de la naturaleza del ruido.

Es así como un estudio de Kryter y William encontró que para despertar de la etapa 2 del sueño clásico se requirieron 30 dB, 50 dB para la 3, y 80 dB para la etapa 4. Los estímulos débiles inesperados también pueden perturbar el sueño. Existen ciertos parámetros comunes para la discusión de la interferencia del ruido con el sueño: el aumento del ruido, aumenta el trastorno; un mayor significado del sonido, aumenta la probabilidad de trastorno; una mayor sorpresa

(inesperado) del sonido, aumenta la probabilidad de ser despertado; la mayor presencia de variables personales (neurotismo), aumenta la sensibilidad al ruido; la juventud del niño, aumenta la susceptibilidad de interferencia para ruido; y una mayor edad o un deterioro de la salud, disminuye la resistencia al trastorno del sueño.

- **Efectos sobre la Visión:** En personas expuestas a niveles sobre los 110 dB se observa un estrechamiento del campo visual y una modificación en la percepción del color, existiendo un déficit aproximado del 10% en la tonalidad roja. Además se presentan problemas y molestias para la visión nocturna, afecta a los músculos ciliares disminuyendo la movilidad en ciertos ángulos.

- **Efectos sobre el Feto:** Estudios muestran que existe relación entre la molestia que produce el ruido en los niños pequeños, y el que sus madres embarazadas hayan permanecido en zonas muy ruidosas después de los 5 meses de gestación (en ese periodo el oído se hace funcional). Además de que al nacer su tamaño es inferior al normal.

3.2. EFECTOS PSICOLÓGICOS.

Los efectos negativos del ruido se extienden, por otra parte, al trabajo y a la realización de actividades cotidianas. El ruido afecta a la capacidad de concentración y al rendimiento en el trabajo, produciendo irritación, fatiga, estrés y problemas de relación social. A continuación se muestran algunos efectos del ruido.

- **Estrés:** El ruido aparece como un elemento estresante fundamental. No sólo ruidos de alta intensidad son nocivos. Ruidos débiles, pero repetidos, pueden entrañar perturbaciones neurofisiológicas aún más importantes que los ruidos intensos.

- **Efectos en la memoria:** En tareas donde se utiliza la memoria, se observa un mejor rendimiento en los sujetos que no han estado sometidos al ruido. Con un mayor nivel de ruido crece el nivel de activación del sujeto y esto, puede llevar a un descenso en el rendimiento. Es decir, en condiciones de ruido, el sujeto sufre un costo psicológico para mantener su nivel de rendimiento.

- **Efectos sobre la conducta:** La aparición súbita de un ruido o la presencia de un agente sonoro molesto para el sujeto, pueden producir alteraciones en su conducta que, al menos momentáneamente, puede hacerse más abúlica, más agresiva, o mostrar el sujeto un mayor grado de desinterés o irritabilidad.

- **Efectos en la atención:** El ruido repercute sobre la concentración, focalizándola hacia los aspectos más importantes de la tarea, en detrimento de aquellos otros aspectos considerados de menor relevancia.

3.3. EFECTOS EN EL BIENESTAR.

El malestar entendido como “un sentimiento de desagrado o rechazo experimentado por un individuo o un grupo como consecuencia de la acción de un agente externo no deseado”, es probablemente el efecto adverso más frecuentemente asociado a la exposición al ruido.

A continuación se mencionan algunos de los efectos en el bienestar más comunes:

- **Interferencia en la comunicación oral:** La voz humana produce sonido en el rango 100 a 10000 Hz, pero prácticamente toda la información verbal está contenida en la región de 200 a 6000 Hz. La banda de frecuencia para la inteligibilidad de la palabra (entender palabra y frases) está contenida entre 500 y 2500 Hz. Tanto en oficinas como en escuelas y hogares, la interferencia en la conversación constituye una fuente importante de molestias.

En general la interferencia con la comunicación hablada ha sido vista como una función de los niveles de ruido de fondo, la distancia a quien habla y el nivel de la voz. El *Tabla_6* muestra los niveles de ruido de fondo, tipo de comunicación, nivel de la voz y la facilidad de la comunicación hablada.

Distancia (m)	Niveles de voz dBA			
	Normal	Elevado	Muy alto	Gritando
0,15	71	77	83	89
0,30	65	71	77	83
0,61	59	65	71	77
0,91	55	61	67	73
1,22	53	59	65	71
1,52	51	57	63	69
1,83	49	55	61	67
3,66	43	49	55	61

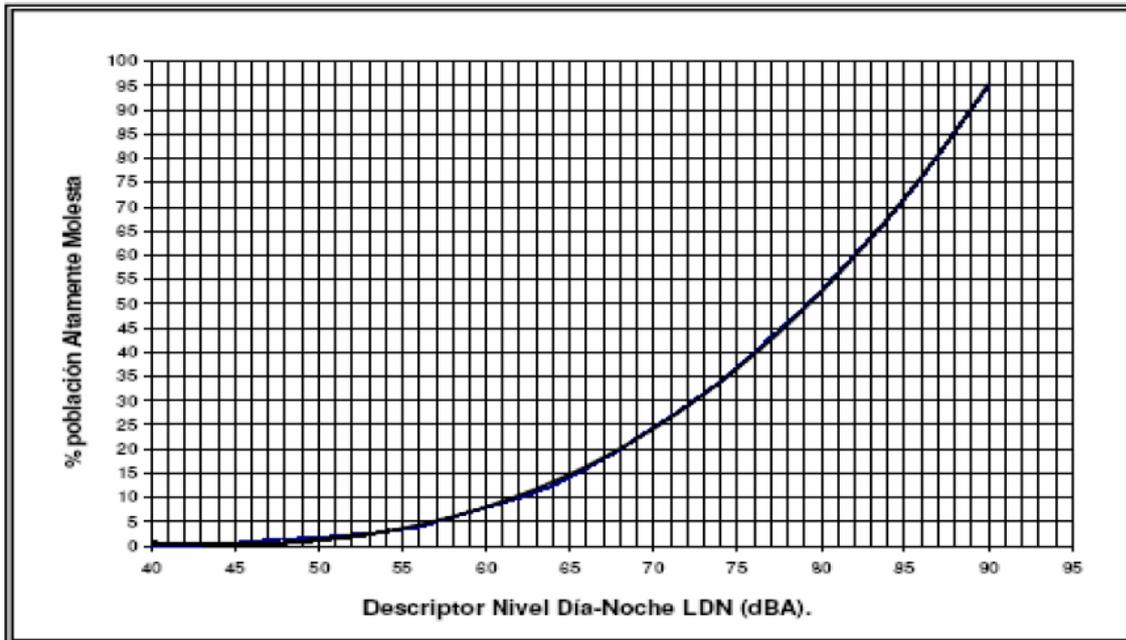
Tabla_6: Niveles de interferencia del habla.

- **Efectos económicos:** Numerosos estudios han sido conducidos para examinar los efectos del ruido sobre el valor de las propiedades y las rentas de los departamentos, como una aproximación a la evaluación del impacto económico de la contaminación por ruido. Colony, en investigaciones sobre la relación entre los valores de las propiedades y el ruido de las carreteras (1967) concluyó que las propiedades residenciales contiguas a las carreteras podrían esperar un decrecimiento entre un 20% y 30% de su valor, en comparación con otras formas de propiedades idénticas con distinta localización. Desde esta investigación, aparece así que el ruido del tráfico ha tenido un efecto evidente sobre los valores de venta de las propiedades residenciales inmediatamente adyacentes a la línea del camino, pero que esa influencia decrece rápidamente para parcelas que distan de esta línea. En el mismo sentido, Nelson (1982) encontró en diversos trabajos, que una vivienda perdía entre 0.08 y 1.05 % de su valor por cada decibelio de ruido a la cual estuviese expuesta (Azqueta, 1994).

Para el caso del ruido urbano, Vaughan y Huckins (1982) realizaron un estudio en la ciudad de Chicago, a partir del cual se pudo estimar que las pérdidas anuales por concepto de depreciación de las viviendas afectadas por el ruido en dicha ciudad, alcanzaban a 11 millones de dólares.

- **Molestia de la comunidad:** La molestia puede medirse a través de distintos instrumentos (denuncias, querellas, campañas, etc.) está fuertemente relacionada con la magnitud o niveles de ruido. Para el caso de los descriptores físico - acústicos del ruido como el LDN (Nivel Equivalente Día - Noche dBA), Shultz elaboro una curva que lo relaciona con el porcentaje de población que declara alta molestia (ver *Figura_26*).

Esta curva si bien establece la relación subjetiva, y por ende particular para un tipo de población determinada, ha sido empleada en otros países para estimar el impacto social de las medidas, como es el caso del Estudio del Impacto socioeconómico del Proyecto de Ley que Norma la Emisión de Ruido para los Buses Urbanos e Interurbanos en la Región Metropolitana en nuestro país.



Figura_26: % de Población molesta v/s Nivel Continuo Equivalente Día-Noche (Ldn)

4. LEGISLACIÓN.

En todos los estudios consultados, la falta de una normativa general y actualizada sobre el ruido que permita fijar unos criterios mínimos con los que poder evaluar un problema de tanta importancia y de tanto calado social. Como comentaremos posteriormente, empieza ya a haber una normativa amplia y precisa sobre este problema en los ayuntamientos y en algunas comunidades autónomas, pero existen muchas dificultades para sacar adelante una Directiva Comunitaria. Algo similar sucede a nivel nacional. Todo ello es un síntoma inequívoco de que el problema del ruido todavía no se considera como un problema importante de nuestra sociedad o, si lo es, las dificultades son grandes para llegar a un consenso. Desde luego que no es esta la opinión de los ciudadanos y de las asociaciones contra el ruido, que están haciendo verdaderos esfuerzos para que la protesta social encuentre una cobertura legal, tal como exige el problema.

Si nos atenemos a la evolución de la legislación sobre el ruido, parece que el proceso ha sido totalmente inverso a como se debería haber desarrollado. Han tomado conciencia de la situación, en primer lugar, los ayuntamientos, que son los que viven y están más cerca del problema; en torno a estas instituciones se ha desarrollado una normativa propia, mediante las llamadas ordenanzas municipales. Después, ha seguido la preocupación desde las comunidades autónomas, que se han dado cuenta de que no estaba bien que cada ayuntamiento contase con una legislación propia, sin que hubiera un marco de referencia general en la comunidad a la que pertenecen; ello ha movido a algunos parlamentos autonómicos a tomar en serio esta necesidad, promulgando leyes que pudieran actuar como un marco general para ayudar a los ayuntamientos a establecer su propia normativa. Este compromiso se ha considerado totalmente necesario, dado el gran desorden que se podría crear en un tema que debería estar marcado por la objetividad y el consenso. En un tercer momento ha sido el Gobierno de la nación el que ha visto la necesidad de armonizar y unificar una legislación que podía resultar caótica y, finalmente, es también la Unión Europea la que ha tomado cartas en el asunto y se ha comprometido a promulgar una norma que sea un marco de referencia para los países de la Unión.

Haciendo un poco de historia de la situación actual y en un intento de sintetizar en qué momento se encuentra la regulación del problema del ruido, nos vamos a fijar en estas cuatro perspectivas: la comunitaria, la nacional, la autonómica y la local.

4.1. NORMATIVA EUROPEA.

La referencia más general a nivel europeo es el V Programa de Acción en relación con el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible de mayo de 1992. En dicho programa se ponen límites al crecimiento de la contaminación acústica y se dan por buenos aquellos niveles que pueden resultar tolerables. Se establecen unos objetivos a alcanzar:

- Impedir que la población esté expuesta a niveles de ruido superiores a 65 dBA y que en ningún momento se superen los 85 dBA.
- La población de las ciudades que ya esté expuesta a niveles comprendidos entre los 55 y 65 dBA, no debería verse afectada por niveles superiores.
- La población actualmente expuesta a niveles inferiores a 55 dBA, no debería verse afectada por niveles superiores.

El 5 de noviembre de 1997, la Comisión Europea presentó el *Libro Verde* sobre la política futura de lucha contra el ruido. Este fue el punto de partida para que, años más tarde, el 25 de Junio de 2002, fuese aprobada la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión de ruido ambiental.

El *Libro Verde* pretendió, en el V Programa de política y acción medioambiental de la Unión Europea, estimular un debate político sobre el planteamiento futuro de la política sobre el ruido, haciendo hincapié sobre el hecho que las acciones destinadas a reducir el ruido ambiental habían

sido menos prioritarias que las destinadas a combatir otros tipos de contaminación, por ejemplo la atmosférica o la del agua.

También evidenció que los datos disponibles sobre la exposición de la población al ruido eran, generalmente, escasos y difíciles de comparar atendiendo a los diversos métodos de medición y evaluación.

A raíz de este debate se han aprobado las directivas siguientes:

- Directiva 2000/14/CE, sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre, del 8 de Mayo de 2000.
- Directiva 2002/30/CE, sobre el establecimiento de normas y procedimientos para la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en los aeropuertos comunitarios, del 26 de Marza de 2002.
- Directiva 2002/49/CE, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, del 25 de Junio de 2002.
- Directiva 2003/10/CE, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados del ruido.

4.1.1. DIRECTIVA 2002/49/CE.

La directiva sobre ruido se puede sintetizar en cinco puntos fundamentales:

- La definición de unos indicadores de ruido comunes para todos los estados miembros.
- La definición de métodos comunes de evaluación.
- La elaboración, en una primera fase de diagnóstico, de “mapas estratégicos de ruido” para poder evaluar o prevenir globalmente la exposición al ruido en una zona determinada.
- La elaboración de “planes de acción”, en una segunda fase, con el fin de afrontar las cuestiones relativas al ruido y sus efectos, incluyendo la reducción.
- La información a la población, tanto de los mapas estratégicos como de los planes de acción.

4.1.1.1. INDICADORES DE RUIDO COMUNES.

Los dos indicadores que será obligatorio incorporar a toda normativa o sistemas de medición son el Lden (indicador que mide los niveles equivalentes día-tarde-noche) y Lnight (indicador que mide los niveles de ruido del período nocturno).

El Lden incluye, a su vez:

- El Lday, que tiene una duración de 12 horas.
- El Levening, que tiene una duración de 4 horas
- El Lnight, que tiene una duración de 8 horas.

Cada Estado deberá determinar cuándo se inicia cada una de las particiones del día.

4.1.1.2. MÉTODOS COMUNES DE EVALUACIÓN.

El análisis se realiza para diferentes focos: tránsito rodado, ferrocarriles, aeronaves e industrias. Los modelos existentes son de difícil adaptación de igual manera a todos los países miembros de la unión, atendiendo a las diferencias existentes (climatología, infraestructuras, hábitos, etc.).

Cabe destacar también que la Directiva señala un método provisional de medición: el expuesto en las normas ISO 1996.

4.1.1.3. MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO.

Los mapas estratégicos de ruido son mapas diseñados para poder evaluar o predecir globalmente la exposición al ruido en una zona determinada. Estos mapas han de cumplir unos requisitos mínimos que se establecen en el anexo IV de la Directiva.

4.1.1.4. PLANES DE ACCIÓN.

La Directiva prevé que, en una fase posterior a la del diagnóstico, se elaboren unos planes de acción. Estos planes incluirán todas las cuestiones relativas al ruido y a sus efectos, contemplando su reducción si fuese necesario. Los requisitos mínimos que han de cumplir los planes de acción están comprendidos en el anexo V de la Directiva.

4.1.1.5. INFORMACIÓN A LA POBLACIÓN.

Los ciudadanos deberán tener información puntual, bien por Internet o por cualquier otro sistema, de los mapas del ruido (dos meses después de aprobados por la autoridad competente), y de los planes de acción.

A continuación se muestra un cuadro resumen de la aplicación de la Directiva Comunitaria sobre evaluación y gestión de ruido ambiental:

PLAZOS	ACCIONES
01/07/2003	<i>Incorporación al ordenamiento de los estados miembros</i>
	MAPAS DE RUIDO
01/01/2005	<i>Aprobación de mapas de ruido sobre grandes aglomeraciones, principales ejes viarios y ferroviarios y grandes aeropuertos</i>
01/03/2005	<i>Publicación de los resultados de cartografiado.</i>
	<i>Comunicación a la Comisión de una síntesis de los mapas.</i>
01/01/2010	<i>Primeros mapas de ruido de aglomeraciones entre 100.000 y 250.000 habitantes.</i>
	<i>Segundos mapas de ruido de las grandes aglomeraciones.</i>
01/03/2010	<i>Publicación de resultados de cartografiado.</i>
01/04/2004	<i>Comunicación a la Comisión de una síntesis de los mapas de ruido.</i>
	PLANES DE ACCIÓN
01/01/2006	<i>Aprobación de los planes de acción para las grandes aglomeraciones.</i>
01/03/2006	<i>Publicación de los planes de acción.</i>
01/04/2006	<i>Comunicación a la Comisión.</i>
01/01/2010	<i>Primeros planes de acción de aglomeraciones entre 100.000 y 250.000 habitantes.</i>
	<i>Segundos planes de acción para grandes aglomeraciones.</i>
01/02/2011	<i>Publicación de los planes de acción</i>
01/04/2011	<i>Comunicación a la Comisión de un resumen de los planes de acción</i>

Tabla 7: Resumen de la directiva comunitaria sobre evaluación y gestión de ruido ambiental.

Una primera lectura de la Directiva hace ver que a largo plazo las medidas se consideran correctas para afrontar con éxito la desaparición del problema del ruido, pero a corto plazo surgen incertidumbres y se ralentiza la solución.

La Directiva ha renunciado a poner límites de contaminación acústica que no se deben superar, y ha dejado a cada Estado que establezca sus propias normas. Por otro lado tampoco deja claro qué medidas se han de tomar contra los infractores, si bien se entiende que deberá ser cada Estado el que determine lo que hay que hacer en cada caso.

Pese a ello hay un marco de referencia importante, tanto para tener un conocimiento de los niveles de contaminación que se dan en las grandes ciudades, como para exigir medidas y planes de acción que contribuyan a controlarlo.

4.2. NORMATIVA ESTATAL.

En la legislación existente a nivel estatal, en cuanto a contaminación acústica se refiere, se pueden distinguir las siguientes normas:

- El Mandato Constitucional de proteger la salud (artículo 43 de la Constitución) y el medio ambiente (artículo 45 de la Constitución) engloban en su alcance la protección contra la contaminación acústica.
- *Reglamento 2414/1961*, sobre actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, que somete a licencia municipal la instalación de industrias o actividades que pueden producir incomodidades, alterar las condiciones de salubridad e higiene del medio ambiente, o ocasionar daños a las riquezas públicas o privadas.
- *Ley 38/1972, de 22 de Diciembre*, relativa a la protección del medio ambiente atmosférico.
- *Ley 4/1989, de 27 de Marzo*, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres. Cabe destacar de esta ley que se tipifica como infracción administrativa la emisión de ruidos que perturben la tranquilidad de las especies en espacios naturales protegidos.
- *Ley 22/1988, de 28 de Julio*, de costas. Prohíbe la publicidad por medios acústicos en la zona de protección.
- *Ley 7/1985*, de las bases del régimen local, que dice que las corporaciones locales, como administración más cercana al ciudadano, son las competentes para intervenir en el ámbito urbano.
- *Decreto 2816/82*, sobre espectáculos públicos y actividades de ocio.
- *La norma básica de la edificación*, que señala las condiciones acústicas que deben reunir los materiales de construcción, así como recomendaciones sobre niveles de ruido en el exterior y en el interior de las edificaciones.
- Existe reglamentación del ruido producido por los *Dispositivos mecánicos*.

- *Real Decreto-Ley 9/2000, de 6 de Octubre*, que modifica el *Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de Junio*, de Evaluación de Impacto Ambiental, y *Real Decreto 1131/1988, de 30 de Septiembre*, que lo desarrolla. En la aplicación de estas normas se suele exigir en determinados espacios una declaración de Impacto Ambiental, que se señale que en las zonas habitadas o urbanizables no se superan niveles de ruido de 65 dB(A), en periodo diurno, y 55 dB(A) en periodo nocturno.
- Algunos artículos del *Código penal* sancionan la contaminación acústica provocada por la emisión de determinados ruidos.
- *En diciembre de 1998*, se publicó la *Orden para el control meteorológico del Estado*. Esta orden tiene por objeto desarrollar la *Ley 3/1985, de 18 de Marzo*, de Metrología, y el *Real Decreto 1616/1985, de 11 de Septiembre*, en lo referente a la metrología legal. En estas normas quedan delimitados los instrumentos que se han de aplicar (sonómetro, sonómetros integradores-promediadores, y calibradores sonoros) para medir la contaminación acústica.

Todas estas normas apenas abordan el problema de la contaminación y dejan que los organismos no estatales, comunidades autónomas y ayuntamientos, tengan plena vía libre para abordar el problema del ruido según la responsabilidad de sus políticos.

Sin embargo, esta situación finalizó el *17 de Noviembre de 2003*, con la *Ley 37/2003 de Ruido*. Esta Ley nace con el objetivo de prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar o reducir los daños que de esta puedan derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente.

4.2.1. LEY 37/2003 DE RUIDO.

La Ley Española 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, regula la contaminación acústica con un alcance y un contenido más amplio que el de la propia Directiva (2002/49/CE), ya que, además de establecer los parámetros y las vibraciones en el espacio interior de determinadas edificaciones. Así mismo, dota de mayor cohesión a la ordenación de la contaminación acústica a través del establecimiento de los instrumentos necesarios para la mejora de la calidad acústica de nuestro entorno.

Posteriormente, el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, completó la transposición de la Directiva 2002/49/CE y precisó los conceptos de ruido ambiental y sus efectos sobre la población, junto a una serie de medidas necesarias para la consecución de los objetivos previstos, tales como la elaboración de los mapas estratégicos de ruido y los planes de acción o las obligaciones de suministro de información.

En consecuencia, el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, ha supuesto un desarrollo parcial de la Ley 37/2003, de 2003, de 17 de noviembre, ya que ésta abarca la contaminación acústica producida no solo por el ruido ambiental, sino también por las vibraciones y sus implicaciones en la salud, bienes, materiales y medio ambiente, en tanto que el citado 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.

La normativa sobre el Ruido se completa a nivel estatal con 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.

Este desarrollo reglamentario, promovido por el Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España, viene a completar el desarrollo de la Ley de Ruido 37/2003 y el Real Decreto 1513/2005 que tenían por finalidad abordar un tratamiento generalizado de la contaminación acústica, con especial atención a la actuación preventiva, la planificación acústica en la ordenación territorial y la incorporación de los conceptos de evaluación y gestión del ruido ambiental.

En dicho Real Decreto, agrupado en ocho capítulos, se contemplan medidas de carácter básico respecto de la propia ley de ruido.

A continuación se muestran los aspectos más relevantes:

- Se establecen los índices del ruido y de vibraciones aplicables para la evaluación de los objetivos de calidad acústica en los distintos periodos temporales (se fijan tres diarios).
- Criterios mínimos para la asignación de un sector del territorio a un determinado tipo de área acústica.
- Las áreas acústicas se clasificarán, en atención al uso predominante del suelo, en los tipos que determinen las comunidades autónomas. El Reglamento fija unos mínimos: Industrial, Residencial, Sanitario, Docente, Uso recreativo y Terciario, afectados por sistemas generales de infraestructuras y espacios naturales protegidos.
- La delimitación de las áreas acústicas queda sujeta a revisión periódica, que deberá realizarse, al menos cada diez años desde la fecha de su aprobación.
- El nuevo real decreto considera, el supuesto de áreas acústicas y edificaciones localizadas en áreas urbanísticamente consolidadas existentes en el momento de su publicación en las que no se cumplan los objetivos de calidad acústica anteriores. En esta situación se establece como objetivo de calidad acústica la mejora acústica progresiva del medio ambiente hasta alcanzar los valores fijados.
- 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.
- Regula los métodos de evaluación de la contaminación acústica, así como el régimen de homologación de los instrumentos y procedimientos que se empleen en dicha evaluación.
- La regulación de la elaboración de mapas de contaminación.

Por otra parte, se establecen los objetivos de calidad acústica aplicable a las distintas áreas acústicas así como a las edificaciones comprendidas por esta (viviendas, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales), quedando fijados los valores de los índices acústicos que no deben sobrepasarse para su cumplimiento.

TIPO DE ÁREA		ÍNDICES DE RUIDO		
		Ld	Le	Ln
E	Sanitario, docente o cultural	55	55	45
A	Residencial	60	60	50
D	Uso Terciario	65	65	55
C	Recreativo y espectáculos	68	68	58
B	Industrial	70	70	60

Tabla_8: Índices de ruido según el tipo de áreas.

4.2.1.1. MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO.

Los mapas estratégicos de ruido aportan metodología, criterios e información estratégica que orientarán las políticas y estrategias que apliquen las Comunidades Autónomas y las administraciones locales en materia de planificación urbanística en relación a la contaminación acústica.

Gracias al desarrollo reglamentario de la Ley del Ruido que ahora se completa con el presente real decreto, se podrá dar cumplimiento a uno de los aspectos más importantes referente a la creación de un Sistema Básico de Información de la Contaminación Acústica (SICA), que facilitará de forma clara y fácilmente accesible información al público sobre el ruido.

4.2.1.2. PLANES DE ACCIÓN.

A partir de los mapas del ruido, se elaborarán los correspondientes planes de acción dirigidos a solucionar en el territorio afectado las cuestiones relativas al ruido.

La nueva norma establece los valores límite y objetivos de calidad acústica necesarios para tal fin, y los requisitos mínimos que deben considerarse en la elaboración de los planes de acción, para lo que se fija un plazo de un año tras la aprobación de los correspondientes mapas de ruido.

Estos planes contendrán medidas concretas y determinaran acciones prioritarias a realizar en caso de superación de los valores límite o de aquellos otros criterios que se estimen adecuados.

4.2.1.3. CONCORDANCIA CON EL CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.

Se fijan los valores de los índices de inmisión de ruido y de vibraciones establecidos como objetivos de calidad acústica en el espacio interior de las edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales, ha sido necesario establecer la necesaria concordancia entre estos valores y las necesidades de aislamiento acústico en fachadas de las edificaciones, establecidas en el documento básico de protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación (DB-HR).

4.2.1.4. LA EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.

Uno de los aspectos más importantes recogidos en el nuevo real decreto es el que se refiere al establecimiento de unos nuevos indicadores y procedimientos para la evaluación del ruido y de las vibraciones y como aquellos se deben usar en las distintas aplicaciones. En este sentido, se definen los índices del ruido y de vibraciones que se deben aplicar para la evaluación de los objetivos de calidad acústica y de los valores límites de inmisión, atendiendo a los distintos periodos temporales de evaluación. Así, en el caso del ruido ambiental, para las 24 horas del día, se fijan, siguiendo los criterios establecidos por la Unión Europea, tres periodos temporales de evaluación que son: día (d),

tarde (e) y noche (n). Es de destacar que en las normativas actuales se venían considerando únicamente dos periodos temporales correspondientes al día y la noche.

Índices de ruido:

L_{den}	Evalúa las molestias globales
L_d	Evalúa las molestias globales en el periodo día
L_e	Evalúa las molestias globales en el periodo tarde
L_n	Evalúa las alteraciones de sueño en el periodo noche
L_{Amax}	Evalúa niveles sonoros máximos

Con la aplicación nuevos índices se pretende que en la evaluación del ruido ambiental se tengan en cuenta tanto los efectos que el ruido produce atendiendo a sus características propias, como los debidos al tiempo de exposición durante el que los ciudadanos se encuentran sometidos al mismo y sus fluctuaciones. Por ello, se contempla tanto la caracterización de lo que podríamos denominar como el “clima sonoro” de un entorno, evaluado mediante promedios a largo plazo (un año), que tiene una especial aplicación en la elaboración de los mapas estratégicos de ruido y en la planificación acústica, como la evaluación de los efectos producidos por ruidos molestos que actúan en cortos periodos de tiempo, y que, por sus propias características del ruido que los hacen más molestos.

Además, se establecen también los procedimientos y métodos para la evaluación de los índices acústicos. Se establecen también procedimientos y métodos para la evaluación de los índices acústicos. Se podrá recurrir a procedimientos de cálculo mediante la utilización de metodologías específicamente definidas para ello o a procedimientos de medición “in situ” utilizando la instrumentación adecuada.

4.2.1.5. ZONIFICACIÓN ACÚSTICA. OBJETIVOS DE CALIDAD ACÚSTICA.

La zonificación se realiza mediante la delimitación territorial de los distintos tipos de áreas acústicas en que se divida. A cada área delimitada se le asocia un objetivo de calidad acústica determinado. Con el fin de que este proceso de delimitación sea factible, el RD 1367/2007 establece los criterios para la delimitación geográfica y los requisitos mínimos para la asignación de un sector del territorio a un determinado tipo de área acústica, de entre las definidas por la Ley del Ruido, clasificadas atendiendo al uso predominante del suelo.

A la hora de establecer los objetivos de calidad acústica en el espacio exterior se tiene en cuenta, de acuerdo con la Ley del Ruido, tanto las situaciones existentes como las previstas. Por ello, se tratan de forma diferenciada los objetivos de calidad acústica fijados para el supuesto de áreas acústicas y edificaciones localizadas en áreas urbanizadas existentes y los exigibles a los futuros desarrollos urbanísticos.

4.2.1.6. PLANES ZONALES ESPECÍFICOS Y PLANES DE ACCIÓN.

El real decreto contempla un conjunto de actuaciones a adoptar en fases sucesivas con el fin de lograr progresivamente la mejora del grado de exposición de la población a la contaminación acústica. Para ello, se prevé que en aquellas zonas degradadas acústicamente en las que superen los objetivos de calidad, se actúe para conseguir la mejora acústica progresiva del medio ambiente hasta alcanzar esos objetivos, mediante la aplicación de planes zonales específicos y planes de acción. La delimitación de las zonas degradadas acústicamente y el conocimiento del estado de situación de las mismas es paso previo al desarrollo y aplicación de las actuaciones de corrección.

En este sentido se establecen los dos tipos de mapas de ruido siguientes:

- Mapas estratégicos de ruido: se elaborarán y aprobarán por las administraciones competentes para cada uno de los grandes ejes viarios y de las aglomeraciones con poblaciones de más de 100.000 habitantes.
- Mapas de ruido no estratégicos: se elaborarán y aprobarán por las administraciones competentes, para las áreas acústicas en las que se compruebe el incumplimiento de los objetivos de calidad acústica.

Una vez que las distintas administraciones hayan elaborado y aprobado los mapas de ruido, se elaboraran los correspondientes planes zonales específicos y los planes de acción necesarios, sobre la base de los resultados de los mapas de ruido. Estos planes irán dirigidos a solucionar en el territorio afectado las cuestiones relativas al ruido. Se fija un plazo de un año para su elaboración, tras la aprobación de los correspondientes mapas de ruido y se deberán revisar cada cinco años.

Con la aplicación de la nueva norma se prevé que las infraestructuras existentes deberán adoptar medidas para adaptarse a los objetivos de calidad acústica de 65 dBA durante el día y de 55 dBA durante la noche, que los gestores de esas infraestructuras deberán lograr a través de los correspondientes planes de acción, con la introducción de las medidas técnicas correctoras más adecuadas (por ejemplo, pantallas acústicas, pavimentos sonorreductores, aislamiento acústico, etc.).

4.2.1.7. RUIDO DE LOS EMISORES ACÚSTICOS.

Se regulan también las emisiones de los diferentes emisores acústicos incluyendo los vehículos a motor y ciclomotores. En lo referente a estos últimos, considerando la dificultades existentes en algunos casos, debido a la antigüedad de los vehículos u otras razones, para la comprobación de sus emisiones acústicas cuando se encuentran en circulación, se adopta, para salvar esta circunstancia, una disposición transitoria cuya aplicación permite la determinación del nivel de emisión sonora a vehículo parado, transitoriedad que se extinguirá con la natural renovación del parque de vehículos.

Como novedad, se fijan asimismo con carácter de normativa básica los valores límite de inmisión de ruido aplicable tanto a las nuevas infraestructuras viarias, ferroviarias y aeroportuarias, como a las portuarias y a las instalaciones, establecimientos y actividades de naturaleza industrial, comercial, de servicios o de almacenamiento, así como, las condiciones para comprobar su cumplimiento. Es de destacar que para cada tipo de emisor acústico los valores límite son diferentes, dependiendo su valor, del tipo de área acústica, de la zona sobre la que se produce la afección del ruido.

4.2.2 DOCUMENTO BÁSICO DE PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO.

El DB-HR será una de las partes del CTE que más afectarán al sector de la construcción. Comporta dos ejes principales: visión global acústica del edificio y la imposición como método de comprobación las medidas in situ. El CTE considera el edificio acabado como un producto. Por lo tanto, se exigen las prestaciones acústicas al edificio en su conjunto y no a cada uno de sus elementos constructivos, como lo hacía hasta ahora la NBE CA-88.

Se tiene que tener en cuenta la problemática acústica desde el principio de la realización del proyecto, porque nos condicionará muchas de las posibles soluciones y la colocación de los materiales correspondientes.

El DB-HR nos obliga a proyectar y construir los edificios considerando:

- Aislamiento acústico al ruido aéreo.
- Aislamiento acústico al ruido de impacto.
- Control del ruido y de las vibraciones de las instalaciones.

El DB-HR quiere cuantificar la protección entre usuarios ya que el problema es de índole social y no tiene que ver con la fatiga de los materiales. El DB-HR caracteriza y cuantifica las exigencias con valores limitados, pero también explica como diseñar y dimensionar los diferentes sistemas para tener los aislamientos necesarios. Para obtener los nuevos valores de aislamiento, no lo solucionaremos dándoles más espesor a los materiales sino cambiando los sistemas constructivos.

Con el DB-HR, dejamos de hablar de aislamiento entre particiones para hablar de aislamiento entre recintos, pues tenemos en cuenta las transmisiones laterales. Necesitamos nuevas herramientas de predicción para saber si, con los elementos que estamos construyendo, cumplimos con los niveles acústicos exigidos. Es por esta razón que el DB-HR nos presenta dos caminos para proyectar las soluciones acústicas: el método simplificado con soluciones ya estipuladas o el método general en el que se ha de calcular cada paramento. Para esta segunda opción, no habrá una herramienta informática como se había especulado y será necesario utilizar las hojas de cálculo de los fabricantes o el software de pago Acoubat-dBMat, una gran base de datos con un programa de cálculo sencillo que ayuda a realizar la predicción de los aislamientos acústicos.

Lo más probable es que la opción favorita de los proyectistas sea el método simplificado. Son soluciones que determinan el grado de aislamiento a través de una serie de medidas en construcciones reales. Estas soluciones están sobredimensionadas y aseguran estar por encima de los índices del DB-HR, siempre y cuando la ejecución sea la correcta.

En el cálculo simplificado el procedimiento radica en escoger en el siguiente orden los diferentes cierres:

1. los tabiques que necesitamos
2. los elementos de separación horizontales y verticales
3. las medianeras
4. las fachadas

Una vez realizado el recorrido obtenemos todos los paramentos necesarios sin calcular nada. Justificaremos esta solución simplificada en el proyecto a través de los ensayos de los fabricantes y empleando unas fichas justificativas parecidas a las de la NBE CA-88. Sin embargo, de momento los ensayos de los fabricantes sólo dan sus primeros pasos y si los comparamos, los resultados conseguidos son muy diferentes para elementos similares.

Una novedad importante es el hecho plantear el aislamiento acústico de la fachada teniendo en cuenta el nivel de ruido exterior. Se tendrá que saber con claridad en qué lugar se situará el edificio y qué nivel de ruido tiene asignado según los mapas de ruido. Según la normativa actual todas las fachadas son iguales y cuesta explicar a un usuario de una vivienda próxima a una carretera importante o un aeropuerto, que el edificio no está mal construido sino que él vive en un entorno muy contaminado.

Una de las grandes diferencias con respecto a la NBE CA-88 es la definición de los diferentes índices para cada tipo de ruido y situación. La ventaja de dichos índices es poder calcular y comprobarlos una vez acabado el edificio. No los explicaremos de manera individual porque son muy numerosos, pero todos intentan ajustarse lo máximo posible a la realidad.

En comparación con la NBE CA-88, el DB-HR incrementa los índices de aislamiento para

responder a las demandas de confort acústico. Pero dicho incremento no es muy importante, tal y como comprobaremos en la siguiente tabla. A la hora de comprobarlos, con medidas in situ, nos permite aplicar tolerancias de 3 dB. Es por esta razón que nos ha parecido muy interesante mostrar una tabla comparativa, para recintos protegidos con los niveles exigidos por la NBE CA-88 y el DB-HR.

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y sanitario		Cultural, docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Tabla_9: Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, L_d según DB-HR.

El valor del índice de ruido día, L_d , puede obtenerse en las administraciones competentes o bien mediante los mapas estratégicos de ruido.

Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día, L_d , se aplicará el valor de 60 dBA para el tipo de área acústica relativo a sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial. Para el resto de áreas acústicas, e aplicará lo dispuesto en las normas reglamentarias de desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Cuando se prevea que algunas fachadas, tales como fachadas de patios de manzana cerrados o patios interiores, así como fachadas exteriores en zonas o entornos tranquilos no van a estar expuestas directamente al ruido de automóviles, de actividades industriales, comerciales o deportivas, se considerará un índice de ruido día, L_d , 10 dBA menor que el índice de ruido día de la zona.

Hemos visto que, en cuanto al aislamiento acústico, los valores que contiene el DB-HR suponen un aumento de las exigencias de aislamiento acústico respecto a la NBE-CA-88. Como ejemplo de comparación, solo veremos la diferencia en niveles en fachada porque es el que más nos interesa.

Comparativa NBE-CA-88 y DB-HR		
Fachadas	NBE-CA-88	DB-HR
Solo recintos protegidos y dependiente del nivel de ruido exterior y de la ubicación (área acústica).	$R > 30$ dBA	$D_{2m,nT,Atr} > 30 - 47$ dBA

Tabla_10: Comparativa NBE-CA-88 con el documento básico contra el ruido.

4.3. NORMATIVA DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS.

El vacío legal que se ha dado a nivel del Estado central ha sido subsanado en parte por la legislación de las comunidades autónomas y de los ayuntamientos. A lo largo de los últimos años, sino todas, casi todas las comunidades autónomas han tratado de subsanar este hecho recurriendo a normas marco a las cuales se debían ajustar las ordenanzas publicadas por los distintos ayuntamientos.

En la Comunidad Valenciana, hace tan sólo unos años, únicamente una tercera parte de los ayuntamientos valencianos disponían de ordenanzas municipales sobre ruido ambiental, sin que existiera una norma de rango superior que determinara las pautas a seguir en su realización.

Este hecho se resolvió con la aprobación, *en diciembre de 2002*, de la *Ley de Protección contra la Contaminación Acústica* de la Generalitat Valenciana, ya que mediante el Plan Acústico de Acción Autonómica se establecieron, a fin de facilitar la elaboración y la homogeneidad de las ordenanzas municipales, modelos de regulación orientativos destinados a ser incorporados en las mismas.

Además con el Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, se establecieron normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios.

En el final la aprobación del Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, sobre la planificación y gestión en materia de contaminación acústica, que tiene la finalidad de acometer el desarrollo reglamentario de las previsiones contempladas en el título III del Decreto 266/2004 en cuanto a los planes y programas acústicos.

4.3.1. LEY 7/2002.

Esta ley se basa en el ejercicio coordinado de sus competencias conforme a los principios de prevención, reducción y corrección determinados por este orden, entre la Generalitat y las administraciones locales. Los poderes públicos adoptarán las medidas necesarias para:

- Promover la investigación en técnicas de medida, análisis, evaluación y minimización del ruido.
- Fomentar la implantación de maquinaria, instalaciones y aparatos que generen el menor impacto acústico.
- Controlar, a través de las correspondientes certificaciones técnicas, la implantación de los aislamientos acústicos necesarios para conseguir niveles de inmisión sonora admisibles.
- Elaborar y aplicar una planificación racional que tenga por objeto la ordenación acústica del municipio, distinguiendo las áreas que requieren una especial protección por la sensibilidad acústica de los usos que en ellas se desarrollan, de aquellas otras que estarán sujetas a una mayor intensidad sonora debido también a las actividades que en las mismas se desarrollan. Facilitar información sobre las consecuencias del ruido sobre la salud de las personas y sobre los usos y prácticas cotidianos que permitan disminuir los niveles acústicos.

- Elaborar y desarrollar programas de formación y educación ambiental dirigidos a los ciudadanos en general y a los agentes sobre los que tiene mayor incidencia la contaminación acústica.
- Adoptar las medidas necesarias, en el marco de la legislación específica, a fin de garantizar una buena calidad acústica de los espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana a través de Programa de Actuaciones.

Con el objeto de identificar los problemas y establecer medidas preventivas y correctoras necesarias para mantener los niveles sonoros por debajo de los previstos en esta ley, se utilizarán los siguientes instrumentos de planificación y gestión acústica:

- Plan Acústico de Acción Autonómico, elaborado por la conselleria competente en medio ambiente y aprobado por el Consell de la Generalitat mediante acuerdo coordinar las actuaciones de las administraciones públicas en sus acciones contra el ruido, fomentar la adopción de medidas para su prevención y la reducción de sus emisiones sonoras por encima de los máximos legalmente previstos, concienciar y formar a los ciudadanos y potenciar la investigación e implantación de nuevas tecnologías para conseguir la reducción o eliminación de la contaminación acústica.
- Planes acústicos municipales para identificar las áreas acústicas existentes en el municipio en función del uso que sobre las mismas exista o este previsto y de sus condiciones acústicas, y adoptar las medidas que permitan la progresiva reducción de sus niveles sonoros.
- Zonas Acústicamente Saturadas: aquellas zonas en que se producen unos elevados niveles sonoros debido a la existencia de numerosas actividades recreativas, espectáculos o establecimientos públicos, a la actividad de las personas que los utilizan, al ruido de tráfico de dichas zonas así como a cualquier otra actividad que incida en la saturación del nivel sonoro de la zona. Serán declaradas zonas acústicamente saturadas aquellas en las que, aun cuando cada actividad individualmente considerada cumpla con los niveles establecidos en esta ley, se sobrepasen dos veces por semana durante tres semanas consecutivas o, tres alternas en un plazo de 35 días naturales, y en más de 20 dB(A).

Plan	Competencia	Contenidos
Plan Acústico de Acción Autónoma	Conselleria competente en medio ambiente	<p>a) Medidas para la prevención y reducción de la contaminación acústica mediante la investigación y la incorporación de mejoras tecnológicas.</p> <p>b) Programas de concienciación social de los ciudadanos y de formación de empresarios y trabajadores en las acciones contra el ruido.</p> <p>c) Medidas correctoras a fin de garantizar los niveles de inmisión.</p> <p>d) Medidas de financiación para llevar a cabo dichas actuaciones.</p> <p>e) Modelos orientativos de ordenanzas municipales.</p> <p>f) Medidas de prevención y reducción de la contaminación acústica del tráfico rodado.</p>
Planes Acústicos Municipales (PAM)	<p>- Municipios de más de 20.000 habitantes;</p> <p>- Municipios no obligados así lo decidan mediante acuerdo del pleno de la corporación municipal.</p>	<p>Mapa acústico con, para cada zona:</p> <p>a) Resultados de las mediciones, análisis de los niveles de ruido e identificación de la naturaleza de las fuentes sonoras que los producen.</p> <p>b) Resultados de las mediciones y análisis específicos del ruido de tráfico, distinguiendo las calles en función de los niveles de intensidad sonora.</p> <p>c) Diagnóstico de la situación en general y para cada una de las áreas determinadas.</p> <p>Programa de actuación con las siguientes medidas:</p> <p>a) Ordenación de las actividades generadoras de ruido implantadas o a implantar en el ámbito de aplicación del Plan.</p> <p>b) Regulación del tráfico rodado.</p> <p>c) Programas de minimización de la producción y transmisión de ruidos.</p> <p>d) Establecimiento de sistemas de control de ruido.</p> <p>e) Cualesquiera otras que se consideren adecuadas para reducir los niveles de ruido.</p>
Declaración de Zona Acústicamente Saturada	Ayuntamiento, de oficio o a petición de cualquier particular, persona física o jurídica, pública o privada.	<p>Medidas para la reducción de la contaminación acústica como:</p> <p>a) Suspender la concesión de licencias de actividad.</p> <p>b) Establecer horarios restringidos para el desarrollo de las actividades responsables, directa o indirectamente, de los elevados niveles de contaminación acústica.</p> <p>c) Prohibir la circulación de alguna clase de vehículos o restringir su velocidad, o limitar aquella a determinados horario, de conformidad con las otras administraciones.</p>

Tabla 11: Instrumentos de planificación y gestión acústica.

Un aspecto novedoso de esta ley es la exigencia, para la obtención de la licencia de ocupación de los edificios, de los certificados acreditativos del aislamiento acústico de los elementos que los constituyen (fachadas, cerramientos horizontales...). Además, obliga a los titulares de las actividades o instalaciones industriales, comerciales o de servicios a adoptar las medidas necesarias de insonorización de sus fuentes sonoras y de aislamiento acústico para cumplir, en cada caso, las

prescripciones dispuestas por ley.

Otros aspectos tratados en la Ley 7 de Protección contra la Contaminación Acústica son:

- Sistemas de alarma y comportamiento de los ciudadanos.
- Regulación del ruido producido por los medios de transporte.

Los límites de recepción externos fijados son:

USO DOMINANTE	DÍA (de 8 a 22 horas) dB(A)	NOCHE (de 22 a 8 horas) dB(A)
Sanitario	45	35
Residencial unifamiliar	50	40
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

Tabla_12: Niveles de recepción externos.

4.3.2. DECRETO 104/2006.

El Decreto tiene por objeto la regulación de los distintos instrumentos de planificación y gestión acústica y el establecimiento de procedimientos de evaluación de diversos emisores acústicos, de conformidad con lo previsto en la Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat, de Protección Contra la Contaminación Acústica.

Los instrumentos de planificación y gestión acústica son aquellos previstos por la Ley 7/2002: plan acústico de acción autonómica, planes acústicos municipales, declaración de zonas acústicamente saturadas (ZAS).

4.3.2.1. PLAN ACÚSTICO MUNICIPAL.

La superación en más de 10 dB(A) de los objetivos de calidad sonoros determina la necesidad de elaborar un Plan Acústico Municipal de Ámbito Zonal.

Los parámetros a medir son LAeq,D para todo el período diurno y LAeq,N para todo el período nocturno, con las siguientes condiciones de la medición:

- Orientación del micrófono hacia los focos de ruido, con una ligera inclinación hacia arriba (de unos 30-45°).
- Colocación del sonómetro preferiblemente sobre trípode.
- Localización de los puntos de medición en general en aquellos puntos donde el nivel sonoro es más elevado, a una altura entre 3 y 11 metros del suelo y en una zona libre de obstáculos y superficies reflectantes.
Si las características de la zona dificultan el situar correctamente el micrófono del sonómetro, los puntos de medición van situados, indicando claramente dónde se ha ubicado el micrófono del sonómetro (altura respecto al suelo, posición, etc.) en las siguientes.

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

- En el exterior de las edificaciones (balcones, terrazas): puntos de medición al menos a 1,5 metros del suelo y lo más alejado posible de la fachada (a ser posible, a 2 metros).
- En la calle al menos a 2 metros de las fachadas cercanas.
- En campo abierto al menos a 10 metros de la fuente de ruido, a una altura preferentemente entre 3 y 11 metros y nunca inferior a 1,5 metros del suelo.

Se superan en más de 10dB(A) los objetivos de calidad sonora cuando se compruebe que el nivel de evaluación obtenido supera en más de 10 dB(A) dichos niveles sonoros, más de una vez por semana durante tres semanas consecutivas.

4.3.2.2. ZONA ACÚSTICAMENTE SATURADA (ZAS).

La propuesta de declaración de Zona Acústicamente Saturada contiene la siguiente información:

- El estudio previo.
- Definición de los límites geográficos de la zona que se quiere declarar como acústicamente saturada.
- Planos a escala del municipio, con los puntos de la medición, las fuentes de ruido identificadas, los usos predominantes de la zona y cualquier otra información que se considere relevante.
- Propuesta de las medidas correctoras apropiadas para la reducción de los niveles sonoros en la zona.
- Medidas cautelares a adoptar en caso de situación grave.

La propuesta puede proponer la adopción de las siguientes medidas correctoras de la contaminación acústica:

- Cortar el tráfico durante determinados períodos (coincidentes con aquellos en que se haya comprobado la superación de los objetivos de calidad).
- Reducir el horario en que se lleven a cabo las actividades que contribuyan a la superación de los niveles.
- Vigilancia por agentes de la autoridad.
- Remover o suspender la concesión de licencias.
- Limitadores de potencia acústica, en aquellos locales con ambientación sonora.
- Medidas de concienciación mediante carteles, trípticos, etc., en la zona.

4.3.2.3. PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD ACÚSTICA.

En el supuesto de que la presencia de una infraestructura de transporte ocasiona una superación en más de 10 dB(A) de los niveles fijados en la Ley 7/2002, la administración pública competente en la ordenación del sector adoptará un Plan de Mejora de la Calidad Acústica, que contenga las medidas correctoras a adoptar para la reducción de los niveles sonoros por debajo de dichos niveles.

El Plan de Mejora de la Calidad Acústica puede incluir algunas medidas como las siguientes:

- Prohibición de la circulación de alguna clase de vehículos con posibles restricciones de velocidad durante determinados intervalos horarios en que la circulación sea más intensa.
- Utilización de mezclas asfálticas acústicamente absorbentes para la banda de rodadura del pavimento.
- Puesta en servicio de transportes públicos especialmente silenciosos, como los eléctricos, a gas, mixtos y similares.
- Acondicionamiento acústico de los túneles, especialmente en sus embocaduras.
- Utilización de pantallas acústicas de diversas formas y materiales, según los casos, que queden, en la medida de lo posible, integradas en el entorno.
- Cuantas medidas de gestión de tráfico se consideren oportunas.

En el supuesto de que las medidas económica y técnicamente viables no consiguieran reducir los niveles sonoros por debajo de los establecidos en el apartado 1 de este artículo, los sectores del territorio afectados al funcionamiento o desarrollo de las infraestructuras de transporte, así como los sectores de territorio situados en el entorno de tales infraestructuras, existentes o proyectadas, podrán quedar gravados por servidumbres acústicas, delimitadas en los mapas de ruido, de acuerdo con lo establecido en el artículo 10 de la Ley 37/2003.

4.3.2.4. MAPA ACÚSTICO.

El Mapa Acústico del municipio consistirá en la representación gráfica de los niveles de ruido existentes en el municipio, con objeto de analizarlos y aportar información acerca de las fuentes sonoras causantes de la contaminación acústica.

Si se dispone de datos suficientes que permitan caracterizar la situación acústica de zonas del municipio mediante métodos predictivos, se emplearán los recomendados en la Directiva 49/2002/CE o aquellos que adopte el Gobierno como oficiales. No obstante y adicionalmente a lo indicado en ella, se deberán representar, al menos, el nivel equivalente ponderado para todo el período diurno (LAeq, D) y para todo el período nocturno (LAeq, N). En cualquier caso, dichos modelos deberán ser validados mediante medición en puntos representativos de la zona modelizada.

Para caracterizar los niveles sonoros en las zonas en que no se disponga de datos o en su caso, validar los modelos aplicados, se llevarán a cabo mediciones según las siguientes indicaciones:

- Las mediciones se realizarán con sonómetros que cumplan lo establecido en los artículos 6 y 7 del presente decreto.

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

- El micrófono del sonómetro se situará a una altura mínima de 1,5 m., evitando obstáculos que puedan apantallar el sonido.
- Si se identifica como principal fuente de ruido la existencia de infraestructuras de transporte, se seguirán las indicaciones del apartado A del anexo VI.
- El parámetro a medir será el nivel equivalente ponderado, para todo el período diurno (LAeq,D) y para todo el período nocturno (LAeq,N). Se podrán emplear técnicas de muestreo, debidamente justificadas.
- Los puntos de medición se elegirán en función de las áreas diferenciadas por el uso existente o previsto:
 - a) En las principales vías de comunicación, se situarán en las calles elegidas según la intensidad del tráfico.
 - b) En áreas residenciales y comerciales y áreas especialmente protegidas por su valor medio ambiental, los puntos se determinarán mediante cuadrículas. Como norma general, la diferencia de niveles de presión sonora entre puntos de medición adyacentes no debería ser mayor que 5 dB(A). Si significativamente son encontradas mayores diferencias, serán usados puntos intermedios, mediante una cuadrícula de menor tamaño.
 - c) En áreas de suelo no urbanizable, áreas de uso terciario, en los centros históricos y áreas de uso sanitario y docente será suficiente con obtener el nivel de evaluación del punto donde el nivel sonoro sea más elevado.

Sobre el mapa acústico, se identificarán las fuentes ruidosas, tanto actividades como infraestructuras.

Será necesario representar sobre el mapa la clasificación (suelo no urbanizable, urbanizable y urbano) y calificación (usos pormenorizados) urbanística del municipio, con objeto de establecer las áreas que se especifican en la Ley 7/2002.

- Sectores afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que las reclamen.
- Principales vías de comunicación, distinguiendo las calles en función de los niveles de intensidad sonora.
- Áreas residenciales.
- Áreas de uso terciario
- Áreas especialmente protegidas por estar destinadas a usos sanitarios y docentes y culturales.
- Áreas especialmente protegidas por los valores medioambientales que residen en las mismas y que precisan estar preservados de la contaminación acústica (cuando proceda).
- Áreas de los centros históricos.

Cada una de estas áreas deberá quedar caracterizada en función de los niveles de ruido existentes en ella.

Asimismo, se deberá identificar las zonas en que los niveles sonoros superen los objetivos de calidad que le correspondan y en cuanto se superan, en bandas de 5 dB(A).

4.3.2.5. PROGRAMA DE ACTUACIÓN.

El Programa de Actuación contendrá, en su caso, las medidas a adoptar para mejorar la situación acústica del municipio. Sobre la base de la información proporcionada por el Mapa Acústico, incluirá, al menos, las siguientes medidas:

- Ordenación de las actividades generadoras de ruido implantadas o a implantar.
- Regulación del tráfico rodado.
- Programas de minimización de la producción y transmisión de ruidos.
- Establecimiento de sistemas de control de ruido.
- Cualesquiera otras que se consideren adecuadas para reducir los niveles sonoros.

Se deberá exponer claramente la delimitación de las zonas en que se van a aplicar dichas medidas, así como el instante en que se van a aplicar y qué vigencia van a tener.

Deberá proponerse un plan de seguimiento de la efectividad de dichas medidas correctoras, mediante la medición en continuo de los niveles sonoros (monitorizado) o mediante campañas de muestreo programadas.

4.3.2.6. INSTRUMENTOS DE PLANEAMIENTO URBANÍSTICO.

1. Municipios con obligación de realizar un PAM (> 20.000 habitantes).

El planeamiento general del municipio deberá contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

- Diferenciación entre las áreas acústicas previstas y existentes, en función del uso predominante que sobre las mismas exista o está previsto, según lo establecido en el artículo 19 del presente decreto y en el apartado A) del anexo III.
- Ordenación de las actividades generadoras de ruido implantadas o a implantar en el municipio y coherencia con lo establecido por el Programa de Actuación contenido en el PAM, en especial, aquellas cuyo funcionamiento sea en horario nocturno.
- Compatibilidad de las zonas recalificadas como urbanizables con los niveles de ruido existentes y los focos de ruido del entorno.
- Medidas correctoras a adoptar, en caso que incluya nuevos desarrollos detallados o pormenorizados, para el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos.

Finalmente, justificar que la regulación del tráfico rodado se ajuste a la establecida en el Programa de Actuación del PAM.

2. Municipios sin obligación de realizar un PAM (< 20.000 habitantes).

Todos los instrumentos de planeamiento urbanístico o territorial deberán incluir para su aprobación un Estudio Acústico en su ámbito de ordenación, firmado por técnico competente.

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

En el caso del planeamiento general del municipio, el Estudio Acústico debe contener:

- Clasificación y usos previos del suelo en el municipio, según lo establecido en el artículo 19 del presente decreto.
- Clasificación del suelo de los municipios colindantes en los lindes con el municipio.
- Identificación de las actividades e infraestructuras ruidosas en el municipio.
- Compatibilidad de las zonas reclasificadas como urbanizables con los niveles de ruido existentes y los focos de ruido de entorno.
- Medidas correctoras a adoptar, en caso que incluya nuevos desarrollos detallados o pormenorizados, para el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos.

En el resto de instrumentos de planeamiento, el contenido mínimo del Estudio Acústico será:

a) Caracterización de la situación previa a la ordenación prevista:

- Niveles sonoros medidos,
- Clasificación y usos previos del suelo en el entorno de la actuación.

b) Caracterización de la situación posterior a la ordenación prevista:

- Clasificación y usos previstos del suelo en el ámbito de ordenación.
- Compatibilidad de dichos usos con los niveles sonoros preexistentes.
- Modelización mediante métodos matemáticos, siempre que sea significativo, del ruido producido por las actividades e infraestructuras previstas, según los modelos recomendados en la Directiva 2002/49/CEE o los adoptados como oficiales por el Gobierno.
- Niveles sonoros esperados.
- Medidas correctoras adoptadas, si corresponde, tanto para proteger la ordenación prevista de fuentes de ruido preexistentes en el entorno (y compatibilizar el uso previsto con los niveles sonoros existentes) como para evitar su influencia sobre dicho entorno. Justificación técnica de la efectividad de dichas medidas correctoras.

c) Representación gráfica tanto de la caracterización de la situación acústica previa al desarrollo como de la posterior, con las siguientes características:

- Planos a escala de dibujo mínima de 1:10.000.
- Se identificarán los puntos en los que hayan sido realizadas mediciones.
- Se identificarán las fuentes ruidosas, tanto actividades como infraestructuras.

4.4. NORMATIVA LOCAL: ORDENANZAS MUNICIPALES.

El último punto a abordar con respecto a las normativas sobre ruido, es la responsabilidad que compete a los ayuntamientos que, con la ayuda de las ordenanzas municipales, pretenden regular el problema.

La ordenanza tiene una composición general estructurada en títulos, capítulos y artículos. En el caso que nos atañe, la ordenanza municipal que nos dictará, entre otros casos, los límites máximos que no se deben sobrepasar, es la *Ordenanza Municipal sobre prevención de la contaminación acústica*, aprobada por el Ayuntamiento de L'Olleria el 23 de Diciembre de 1998.

5. METODOLOGIA Y HERRAMIENTAS PARA ELABORAR UN MAPA DE RUIDO.

5.1. INTRODUCCIÓN.

La realización de un control efectivo de los niveles de contaminación acústica y la planificación adecuada de la lucha contra el ruido en una determinada ciudad o zona urbana se suele basar en la elaboración del correspondiente “mapa sonoro”.

Genéricamente, se suele denominar *mapa sonoro* a un conjunto de medidas de niveles sonoros, distribuidas en el espacio y tiempo, de forma que la información que proporcionan sobre el ambiente acústico de un determinado entorno sea lo suficientemente completa como para poder orientar adecuadamente las acciones de control pertinentes. En particular, la realización del mapa sonoro de una ciudad debe poner de manifiesto dónde están localizadas, por una parte, las zonas más ruidosas de la misma para, así, poder actuar en consecuencia si se desea corregir esa situación y, por otra parte los enclaves particularmente silenciosos a fin de poder preservar esa situación privilegiada en el futuro. Todo esto hace de la cartografía acústica un instrumento de trabajo para los científicos y técnicos acústicos cuyo campo de actuación incluye la planificación de espacios, urbanos o de otro tipo, control de impacto de fuentes sonoras sobre el ambiente, así como su evolución temporal, la zonificación acústica, el control administrativo de la aplicación de las normas reguladoras de la contaminación acústica, la vigilancia de la puesta en práctica de la legislación de protección de los obreros frente al ruido, entre otros.

La información que proporciona resulta de gran utilidad tanto para considerar la consiguiente planificación urbana como para orientar con pleno fundamento la lucha contra el ruido ambiental.

5.2. MAPAS SONOROS.

Antes de meternos en profundidad en las diferentes clasificaciones de los mapas sonoros, hay que distinguir entre mapa sonoro y mapa de capacidad acústica. Básicamente, el objetivo del primero es obtener una información lo más detallada posible sobre el nivel sonoro de un número finito de puntos de la zona a estudio, de manera que sean representativos de la totalidad de la zona a estudio. En cambio, el objetivo de un mapa de capacidad acústica es dividir la zona de estudio en diferentes áreas, en las que cada una de ellas define el máximo nivel aceptable de ruido.

Las clasificaciones de mapas acústicos pueden ser varias, en el actual proyecto tan sólo se van a citar dos. En función de los aspectos a estudiar interesa una mayor o menor extensión territorial. Por lo que los mapas sonoros se suelen clasificar en cuatro niveles en función de su extensión territorial:

- 1.- **Comarcal:** Es aquel que comprende uno o más términos municipales, completos o en parte, afectados por una causa común de ruido.
- 2.- **Municipal:** Comprende el casco urbano de una población y es el instrumento principal para orientar políticas municipales tendentes a controlar y reducir el ruido urbano.
- 3.- **De urbanización o barrio:** Permite evaluar con más detalle el entorno de una actividad conflictiva desde el punto de vista acústico. El estudio se realiza con una mayor precisión, aumentando la densidad de puntos de medida, determinando el ruido tanto en los espacios abiertos exteriores como en los interiores privados.
- 4.- **Estudios de Detalle:** Se extiende a uno o varios edificios con especial problemática sonora. El estudio incluye la determinación del ruido exterior e interior de los edificios

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

y, en general, precisa la realización de medidas de ruido a distintas alturas del suelo (estudios en sección o mapa en altura).

Otra posible clasificación de los mapas sonoros es según el tipo o la cantidad de fuente que se estudien, de esta manera se pueden distinguir:

- 1.- **Mapas para estudio de impacto ambiental:** Son mapas que detallan los niveles sonoros producidos por una fuente o un grupo de fuentes de ruido.
- 2.- **Mapas de ruido urbano:** Son mapas que detallan los niveles sonoros de emisión de un municipio o área urbana, considerando todas las fuentes.
- 3.- **Mapas de ruido tráfico:** Son mapas que detallan los niveles sonoros en las diferentes calles consideradas de un municipio o área urbana, sólo debido al tráfico rodado. Se intenta que el resto de fuentes no afecten, ya que se considera que el 80 % del ruido del área urbana se debe al ruido de tráfico.

5.2.1. METODOLOGÍA.

La construcción de mapas de ruido se puede realizar de tres maneras diferentes:

- 1.- **A partir de medidas físicas reales del nivel de ruido:** No es imprescindible una exhaustiva información sobre la zona.
- 2.- **A partir de modelos matemáticos:** Es necesario una información muy detallada de la zona a simular.
- 3.- **A partir de sistemas híbridos.**

La construcción de mapas de ruido a partir de medidas de nivel de ruido puede seguir dos estrategias metodológicas diferentes, denominadas metodología estática y dinámica. Ambas estrategias realizan un muestreo espacial (distintos puntos de medidas) y un muestreo temporal (ciclos de evolución del ruido), diferenciándose en la forma de hacerlo.

5.2.1.1. METODOLOGÍA ESTÁTICA.

Consiste en la instalación de estaciones fijas de medida en los puntos de medida seleccionados, que evalúan de manera ininterrumpida el ruido durante uno o más ciclos, recomendándose como mínimo un día completo y aconsejándose una semana. El principal inconveniente es que o bien se dispone de tantos equipos como puntos de medida, o el desfase temporal entre medidas es demasiado grande.

5.2.1.2. METODOLOGÍA DINÁMICA.

Esta metodología permite paliar algunos de los inconvenientes de la metodología estática, pero requiere una mayor elaboración y control del proceso de medida. Toma como punto de partida el conocimiento o la determinación previa de los principales ciclos de evolución del ruido, estableciendo en base a los mismos y para cada zona, los períodos de tiempo en que el ruido permanecerá estable en cada punto de medida, procediéndose a la determinación de unos tiempos de medida representativos, cuyo resultado se extiende a todo el tiempo en el que el ruido permanece estable.

Esto permite que un mismo equipo de medida muestree varios puntos en una misma jornada de medida mediante la organización de los itinerarios que debe realizar cada equipo.

Esta técnica de muestreo espacial y temporal simultáneo reduce la inversión en equipos de medida y permite evaluar extensiones considerables de superficies sin grandes desfases entre las medidas iniciales y finales. Como contrapartida requiere un planteamiento teórico mayor y un proceso de medida y control de los resultados más cuidadosos.

En este caso será necesario realizar un estudio previo de la emisión de las fuentes sonoras, para, en función de las características temporales de funcionamiento, seleccionar los períodos de muestreo de las señales acústicas y los intervalos de tiempo entre cada toma de muestra, de forma que el comportamiento de emisión de las fuentes quede adecuadamente reflejado mediante un intervalo representativo del ciclo.

Dependiendo de los objetivos perseguidos y de las características de la circulación se elegirá un determinado intervalo de medida. En la elección de los períodos de medida existen varias tendencias:

- Encontrar las horas de mayor tráfico y medir para obtener el valor medio de ese período.
- Medir durante el tiempo correspondiente al paso, de al menos, un cierto número de vehículos ligeros y/o pesados y considerar los resultados obtenidos como la energía sonora característica de la carretera.
- Medir durante largos períodos (más de 24 horas).

Como regla general, los períodos de medición deben ser tan largos como sea necesario para conseguir un buen conocimiento de la evolución del ruido durante un día, una semana o una estación, teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas de la zona. Por lo tanto, el tiempo de medición no tiene límite pero, como se ha mencionado anteriormente, esto conlleva un gran coste económico y una, generalmente, excesiva duración del proceso de toma de medidas.

A título orientativo se suelen emplear los siguientes períodos de medición en función de las características del tráfico:

- * Tráfico urbano diurno intenso: 5 a 10 minutos.
- * Tráfico urbano diurno poco intenso: 10 a 15 minutos.
- * Tráfico urbano nocturno: 20-30 minutos.
- * Tráfico interurbano intenso: 10-20 minutos.
- * Tráfico interurbano poco intenso: 20-30 minutos.

5.3. INSTRUMENTACIÓN Y MATERIALES DE MEDIDA.

La instrumentación necesaria para realizar mediciones acústicas depende del propósito de las mismas, no siendo necesario utilizar el mismo tipo de equipo para medir y analizar un problema de ruido ambiental que para el caso en que la aplicación sea la reducción de ruido en una máquina que emite ruido tanto por vía aérea como por vía sólida (vibraciones). No obstante, en todos los casos, la cadena de medida dispondrá de elementos comunes para casi todas las aplicaciones.

El valor L_{eq} , expresado en dB(A), es el parámetro más importante y frecuentemente utilizado en la evaluación del ruido producido por el tráfico rodado. Los sonómetros integradores son los equipos de medición preferidos ya que permiten obtener directamente este valor. El ruido originado por el tráfico rodado varía con el tiempo, por lo que los instrumentos más útiles son aquellos sistemas preparados para una medición continua de L_{eq} . Existe una amplia gama de instrumentos acústicos diseñados para realizar mediciones largas y cortas, que proporcionan un gran número de índices de ruido (L_{eq} , MaxL, MinL, L_n %, SEL, Histogramas, etc.).

Una cadena de instrumentación para la medida y análisis de señales acústicas está compuesta por un conjunto de elementos y dispositivos electrónicos que permiten adquirir y procesar la información relativa a las variaciones de presión sonora, tanto en amplitud como en frecuencia y conforme a lo exigido en las distintas normas nacionales e internacionales al uso.

El instrumento más utilizado para la realización de mapas sonoros es el sonómetro, que como es sabido es un medidor de niveles sonoros y que, atendiendo a su grado de precisión, se clasifica en tres clases dependiendo de los objetivos de las mediciones. Para mediciones de carácter general se utilizarán los instrumentos de la clase 2, mientras que para evaluaciones detalladas, será necesaria la utilización de los instrumentos de la clase 1.

5.3.1. MATERIALES UTILIZADOS.

El equipo empleado en la realización del estudio completo del ruido emitido por el tráfico rodado en la ciudad de L'Olleria consta de los siguientes elementos:

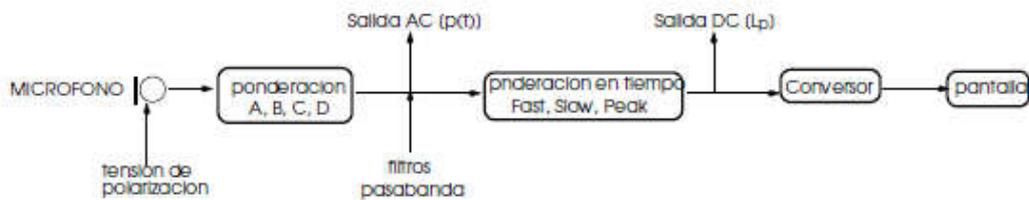
- Un sonómetro modelo 2250-L de la marca Brüel & Kjaer con el que se han realizado todas las medidas necesarias.
- El programa PC BZ5503 que permite crear configuraciones, editarlas y almacenarlas en el ordenador. Además permite exportar datos a hojas de cálculo de Microsoft Excel.
- El programa *Predictor Analyst Type 7813* para realizar un mapa predictivo de las 2 principales vías de L'Olleria.

En los siguientes apartados se detallan las principales características del equipo empleado.

5.3.1.1. EL SONÓMETRO.

El sonómetro es un instrumento de medida destinado a las medidas objetivas y repetitivas del nivel de presión sonora, haciendo una valoración logarítmica de la presión. Por su precisión, los sonómetros se clasifican en sonómetros patrones (tipo 0), de precisión (tipo 1), de uso general (tipo 2) y de inspección (tipo 3).

El diagrama de bloques de todo sonómetro contiene, al menos, los siguientes:



Figura_27: Diagrama de bloques de un sonómetro.

1. **Micrófono.** Convierte las variaciones de presión sonora en variaciones equivalentes de señal eléctrica.
2. **Preamplificador.** Transforma la alta impedancia del micrófono en baja.
3. **Redes de ponderación en frecuencia (A,B,C).** Hacen que la respuesta en frecuencia del sonómetro sea semejante a la del oído humano
4. **Detector.** Convierte la señal alterna en continua.
5. **Integrador.** Realiza el promedio temporal en la medida.
6. **Indicador analógico o digital.** Visualiza el resultado de las medidas.

Características:

- Sensibilidad del micrófono, se mide en mV/Pa.
- Respuesta en frecuencia: es el rango de frecuencias en el cual la sensibilidad no cambia con la frecuencia.
- Directividad: relación entre la intensidad transmitida en una dirección, a una distancia dada, y la intensidad que transmitiría a esa misma distancia una fuente acústica isótropa que emitiese con la misma potencia.
- La señal que llega al sonómetro se rectifica para determinar el promedio durante el intervalo de la muestra. La constante de tiempo (RC) del rectificador determina el intervalo en el cual se calcula el promedio:

SLOW: El promediado efectivo es de 1s.

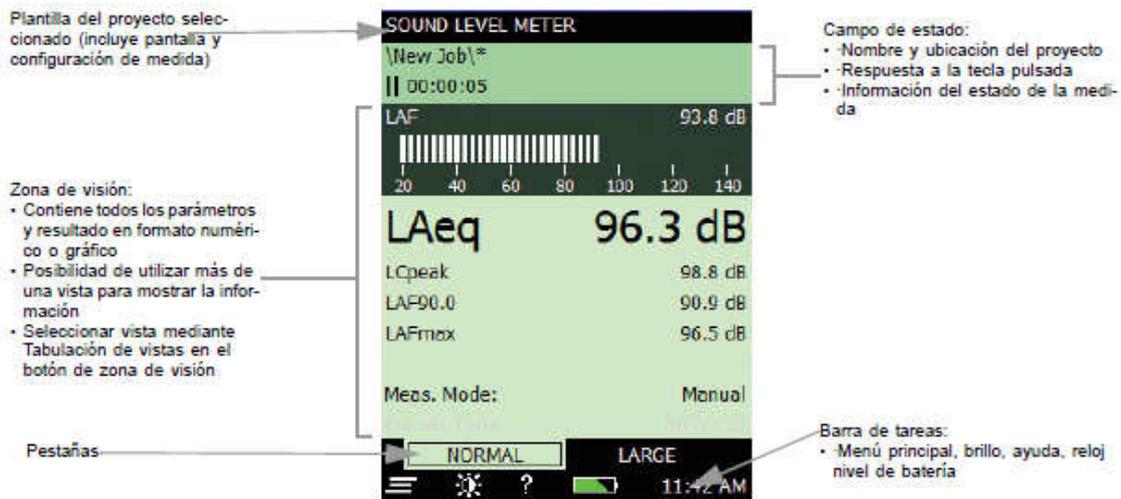
FAST: La constante de tiempo es 0.125 s y refleja fluctuaciones no detectadas en la ponderación slow.

IMPULSE: Constante de tiempo muy pequeña; se emplea para estudiar la influencia de intensidades de corta duración sobre el oído humano.

PEAK: Constante de tiempo de 50 μ s. Útil para el estudio de riesgo de daños auditivos.



Imagen de un sonómetro B&K 2250-L.

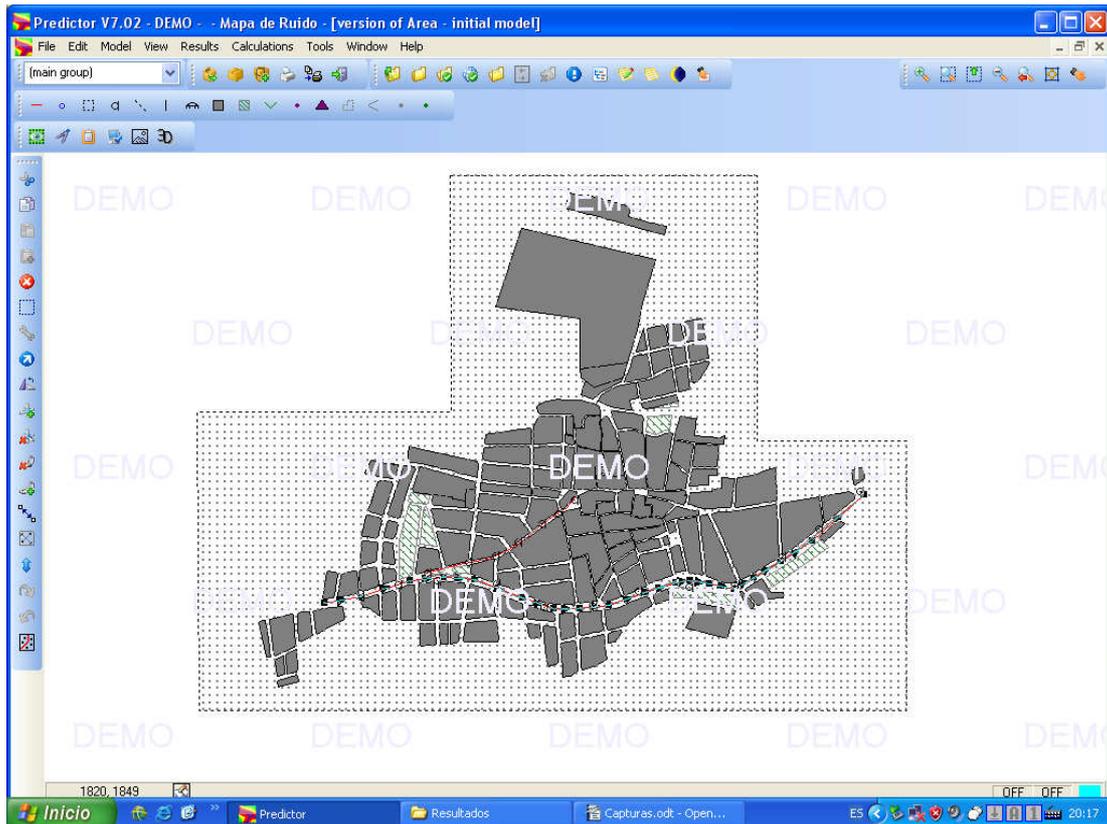


Pantalla característica de medición.

5.3.2. SOFTWARE UTILIZADO.

5.3.2.1. PROGRAMA PREDICTOR ANALYST TYPE 7813.

Predictor Analyst Type 7813 es un programa informático llevado a cabo por la empresa danesa Bruel & Kjaer. Es el programa más eficiente y versátil para calcular el ruido ambiental en el ambiente exterior. Permite calcular y analizar el ruido procedente de varias fuentes de ruido tales como industria o tráfico. Gracias a la potencia de cálculo actualmente conseguida al usar los motores de cálculo de Lima., puede cubrir todo el rango de aplicaciones, desde pequeños estudios de impacto ambiental hasta mapas de ruido de grandes aglomeraciones.

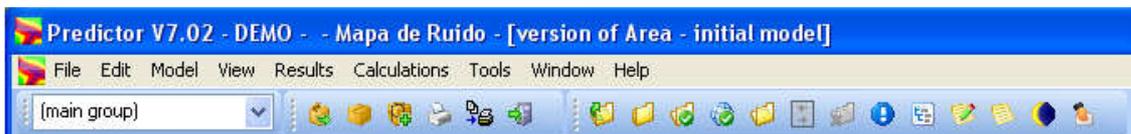


Pantalla de trabajo.

Con las diferentes barras de herramientas podemos seleccionar todo lo que queramos hacer, como introducir los edificios y las fuentes de emisión, introducir puntos de medida para calcular niveles, generar planos con el ruido producido por las fuentes, insertar mapas, etc.



Menú de introducción de ítems (Edificios, Punto receptor, Fuentes lineales, etc)



Menú principal del programa.

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

En la siguiente ventana se introducen todas las medidas del caudal de vehículos pesados y ligeros y a partir de ellas se efectúan los diferentes cálculos. Cada medida se introduce en la fuente de ruido para después introducir sobre el mapa los emisores en donde se han realizado las medidas y obtener los resultados.

Period	Qlv/h	Wlv	Qhv/h	Whv	LE
Day	100,0	70	15,0	70	77,7
Evening	120,0	70	10,0	70	77,4
Night	5,0	70	1,0	70	65,3
	--	70	--	70	--

Ejemplo inserción de datos.

De esta forma aparecen los niveles de presión sonora calculados por el programa en los diferentes puntos donde se realizaron in situ para posteriormente realizar una comparativa.

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

Report: Table of Results
 Model: initial model
 LReq: total results for receivers
 Group: (main group)
 Group Reduction: No

Name	Receiver	Description	Height	Day	Evening	Night	Lden
10D_A			1.50	67.4	67.2	54.9	68.2
10D_B			4.00	67.0	66.8	54.5	67.7
11D_A			1.50	70.4	70.1	58.0	71.2
11D_B			4.00	68.7	68.4	56.3	69.4
12D_A			1.50	71.8	71.5	59.4	72.5
12D_B			4.00	69.2	68.9	56.8	69.9
1D_A			1.50	60.1	59.9	47.8	60.9
1D_B			4.00	60.0	59.7	47.6	60.7
1J_A			1.50	72.4	72.7	59.3	73.3
1J_B			4.00	68.4	68.6	55.5	69.3
2D_A			1.50	66.1	65.8	53.7	66.8
2D_B			4.00	65.9	65.6	53.5	66.6
3D_A			1.50	65.6	65.4	53.3	66.4
3D_B			4.00	65.3	65.0	52.9	66.1
3J_A			1.50	72.3	72.7	59.0	73.2
3J_B			4.00	67.7	68.1	54.4	68.6
4D_A			1.50	66.2	65.9	53.9	67.0
4D_B			4.00	65.9	65.6	53.5	66.7
4J_A			1.50	69.3	69.7	56.0	70.2
4J_B			4.00	67.5	67.9	54.2	68.4
5D_A			1.50	63.1	62.8	50.8	63.9
5D_B			4.00	62.9	62.6	50.6	63.7
5J_A			1.50	71.2	71.6	57.9	72.1
5J_B			4.00	67.9	68.3	54.6	68.8
6D_A			1.50	67.1	66.8	54.7	67.8
6D_B			4.00	66.7	66.4	54.3	67.5
6J_A			1.50	68.4	68.8	55.1	69.3
6J_B			4.00	66.9	67.3	53.6	67.8
7D_A			1.50	66.7	66.5	54.4	67.5
7D_B			4.00	66.5	66.2	54.1	67.2
7J_A			1.50	67.9	68.3	54.7	68.9
7J_B			4.00	66.2	66.6	52.9	67.1
8D_A			1.50	69.0	68.7	56.7	69.8
8D_B			4.00	68.2	67.9	55.8	69.0
9D_A			1.50	65.3	65.0	52.9	66.0
9D_B			4.00	65.0	64.8	52.6	65.8

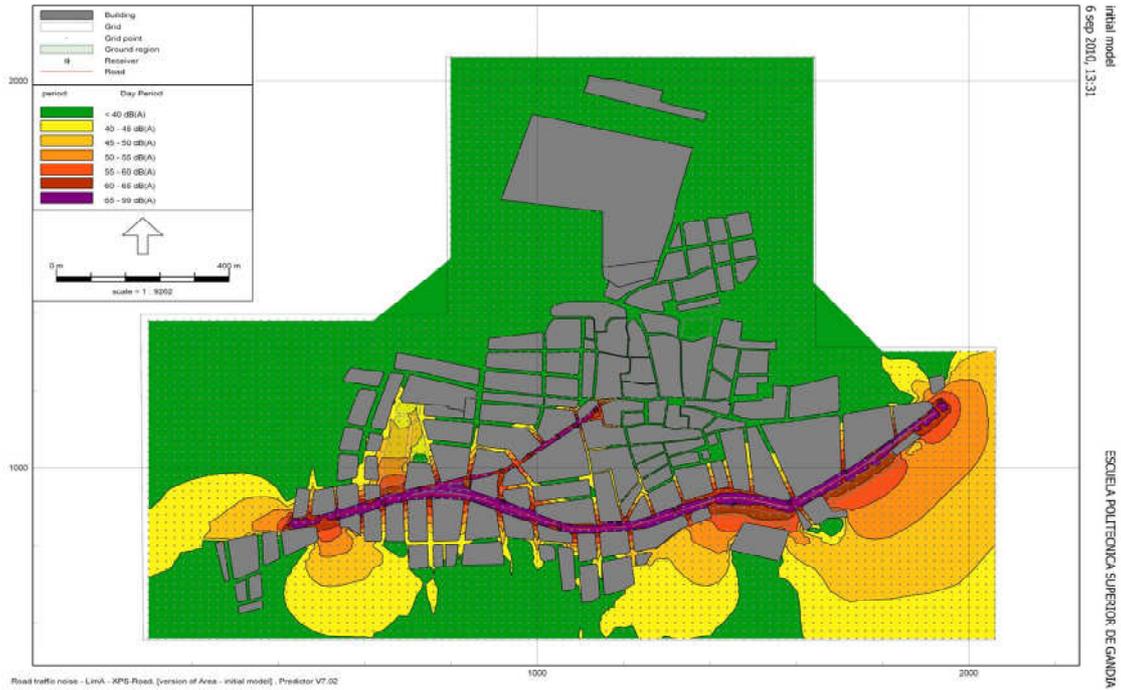
All shown dB values are A-weighted

Predictor V7.02

06/09/2010 13:00:58

Ejemplo tabla resumen de los resultados en los diferentes puntos de medida.

Una vez obtenidos los resultados en los diferentes puntos el programa nos permite generar un mapa sonoro con la representación, en colores, de los niveles de ruido existentes en las diferentes zonas donde hemos medido. A continuación se representan dichos mapas.



Ejemplo mapa sonoro en el periodo de día (Lday).

5.4. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

La documentación resultante de los cálculos precedentes, debe incluir el valor de las medidas en cada uno de los puntos de muestreo y en cada período de medida, con indicación del Nivel Continuo Equivalente (L_{eq}) y la distribución estadística de los niveles. En los casos en que sea relevante, debe incluirse el análisis de frecuencia del ruido (fuentes sonoras especiales, tonos puros, etc.) o un análisis temporal (ruidos impulsivos o discontinuos).

Para facilitar el manejo de toda esta documentación, se adjuntan a la misma unos diagramas y mapas sonoros que ayudan a su análisis e interpretación.

Existen diferentes tipos de mapas donde se pueden representar los resultados obtenidos a partir de las medidas. A continuación se detallan todos ellos.

5.4.1. MAPA DE CUADRÍCULAS.

Es una representación basada en el muestreo espacial por medio de reticulado. Se determina el valor medio de todos los puntos que forman parte de cada cuadrícula de la retícula de medida, para cada intervalo promediado, asignando dicho valor a toda la cuadrícula, que se rellena con el color correspondiente al valor medio.

Este método enmascara los valores puntuales, ya que sólo una cuadrícula con todos los puntos muy ruidosos aparecerá como muy ruidosa, sucediendo lo mismo con los puntos de bajo nivel sonoro. Esto permite la presentación de los porcentajes de territorio que están afectados por cada valor promediado, con un error aceptable.

En el caso de una cuadrícula de gran tamaño, en la que exista mucha variación en los niveles, se dará un valor que no será representativo, ya que para unos puntos el promedio resultará muy alto y para otros muy bajo.

5.4.2. MAPA DE BOTONES.

El mapa de botones corrige parte de las deficiencias del anterior método. Es quizás, el más adecuado dado que se conoce perfectamente el punto de medida y la zona cercana sobre la que influye. Asimismo, permite ver como varían los niveles en los puntos cercanos.

En él se representa, para cada punto de medida y para cada intervalo de promediado, el nivel sonoro equivalente con el color correspondiente. Representa exclusivamente el valor promedio de los valores medios en los puntos de medida. Este método de representación resulta el más adecuado para estudios de urbanización o zonas concretas.

5.4.3. MAPA DE ISOFÓNICAS.

En este tipo de representación, se realiza una interpolación para cada intervalo de promediado (similar a la realizada en la elaboración de los mapas topográficos), en la que no se altera el valor de los puntos de medida. Este método permite una mejor representación de la variación espacial del ruido que el mapa de cuadrículas, pero debe ser realizado para una fuente concreta, ya que de aplicarlo en una zona urbana, enmascara una de las fuentes de ruido más importantes: el ruido de tráfico.

5.4.4. MAPA VIARIO.

Es quizás, la representación más adecuada para estudiar la influencia de tráfico sobre el ruido urbano. Este método representa para cada intervalo de promediado, exclusivamente el ruido medido en las vías de tráfico, realizándose una interpolación a lo largo de las mismas pero manteniendo los valores en los puntos de medida.

Por medio de esta representación se pueden planificar las variaciones de la organización del tráfico, itinerarios alternativos, etc. Los resultados quedan expresados a través del código de colores, solamente sobre las vías de tráfico.

5.4.5. MAPA EN ALTURA.

En los estudios de detalle se puede precisar la realización de un estudio espacial en altura, representándose en sección los distintos niveles que afectan a los distintos puntos de las fachadas con el código de color correspondiente.

Esta representación resulta interesante en el estudio de una vía de tráfico que pasara cerca de una zona residencial, por ejemplo la vía suburbana que rodea una ciudad.

6. ESTUDIO ACÚSTICO EN L'OLLERIA.

6.1. INTRODUCCIÓN.

En primer lugar se estudió la situación urbanística de las calles en las cuales se realizarían las medidas, para así, poder determinar el lugar donde se colocarían los puntos de medida. Una vez concretada la situación de los diversos puntos de medida, se definieron las franjas horarias y, teniendo en cuenta la fluidez del tráfico, se determinó la duración de cada una de las medidas. Después de determinar la duración de cada medición y el número de muestras a tomar, se iniciaron las mediciones, calibrando siempre el sonómetro antes de realizar cada serie de medidas.

Todos los datos del sonómetro pueden ser volcados al ordenador, gracias a un programa, y podemos disponer de una información bastante extensa (niveles máximos, mínimos, diferencia entre niveles, percentiles, hora de la medición, duración de la medición,...).

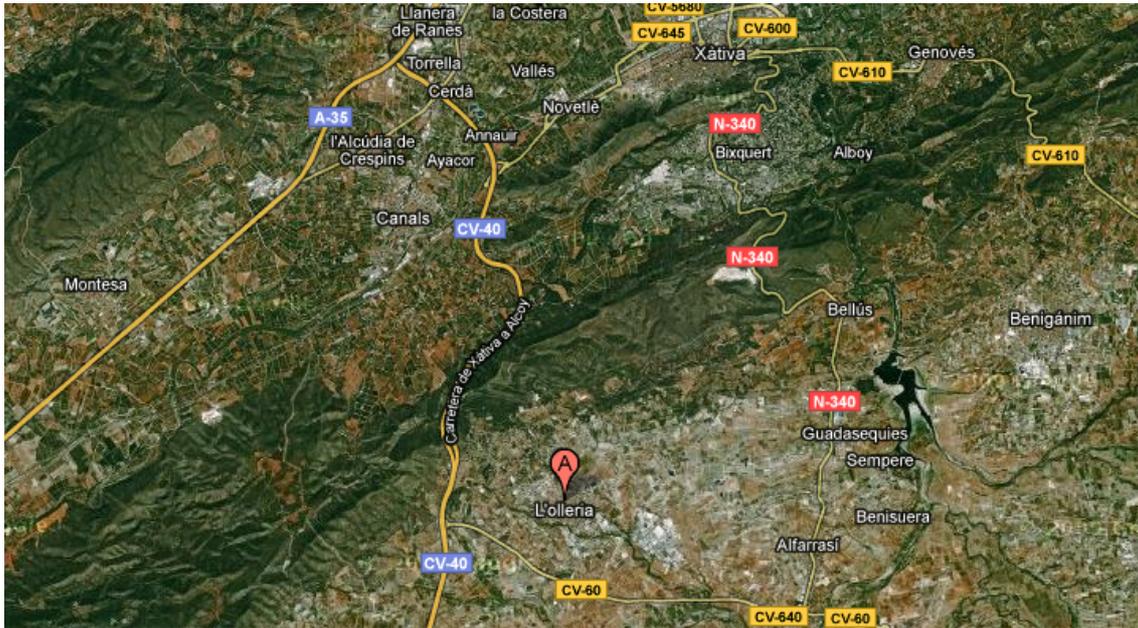
Por otro lado, a fin de obtener un estudio predictivo del ruido producido por el tráfico en la zona, se determinó, mientras se realizaban las mediciones, el caudal del tráfico haciendo un conteo de los vehículos que circulaban por cada uno de los puntos de medida.

Una vez elaboradas las tablas donde contenemos toda la información, el siguiente paso consistió en introducir las medidas efectuadas en el programa informático Predictor Analyst Type 7813.

Este programa realiza una predicción de los niveles equivalentes de día, tarde y noche y el nivel equivalente día-tarde-noche, y representa los mapas sonoros de colores con los niveles y unas tablas con los niveles en cada uno de los puntos de medida.

6.2. L'OLLERIA.

6.2.1. ENCUADRE GEOGRÁFICO.



L'Olleria es un municipio de 8.514 habitantes (según INE 2009) situado en el extremo nordeste de la comarca de la Vall d'Albaida de la provincia de Valencia.

EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA									
AÑO	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2009
HABITANTES	6.977	7.010	7.005	7.058	7.302	7.648	7.984	8.514	8.514

Su relieve es suave, excepto en su parte nordeste donde se encuentra la *Serra Grossa*, que separa este municipio del término de Canals por el Puerto de Ollería, situado a 393 m. de altitud, entre las montañas de *Talaia* y de la *Creu* (máxima altura del término con 520 m.). Desde esta sierra hasta el río Clariano, que constituye el límite sur del término, va descendiendo la altitud en sentido NE-SE, llegando a los 200 m. en las proximidades del río. En la vertiente meridional de la *Serra Grossa* destacan los barrancos del *Port*, la *Cova*, la *Murta*, el Salido, etc. El casco urbano está situado sobre una zona elevada dentro del llano del término.

La posición estratégica del municipio de L'Olleria como nudo de enlace de elementos básicos que conforman las infraestructuras viarias de carácter comarcal o supracomarcal (conexiona y articula comarcas colindantes como La Costera, La Vall d'Albaida, La Safor y L'Alcoià), a través de Autovías importantes como la CV-40 y la CV-60, cuyo encuentro se ubica en el término municipal de L'Olleria, le otorgan una condición de ensamble en el eje periurbano de conurbación de las citadas comarcas. La reciente ejecución de la CV-60, denominada "Autovía del Morquí", ha reforzado dicha condición siendo el municipio de la Comarca de la Vall d'Albaida, que mantiene un sistema de conexiones prácticamente directo con el resto de los municipios que conforman la Comarca y las capitales de las Comarcas colindantes.

Esta condición de buena conectabilidad con el resto de los municipios debe ser no obstante mejorada, puesto que salvo las Autovías mencionadas, el resto de los viarios que conectan con Aielo de Malferit o Alfarrasí, tienen unas condiciones de diseño obsoletas para las necesidades y exigencias derivadas de los flujos existentes, y que probablemente se incrementarán con el tiempo, por el uso de tráfico local alternativo a las vías principales de comunicación.

Con la pérdida del valor agrícola del campo de secano y la pequeña zona de huerta y la potenciación de su condición de centro industrial, L'Olleria ha modificado sus señas de identidad como municipio autónomo pasando a ser complemento parcial en el engranaje que la comarca conforma como complejo de predominancia de servicios genéricamente industriales y su complemento terciario.

Deberá pues mantener y reforzar su identidad propia en relación con el ámbito comarcal, para lo que se potenciará su condición de Centro Comarcal Industrial, como seña de identidad. Se deberá completar con la ubicación de servicios de carácter Terciario y Turístico. Para ello, se generarán nuevas zonas con condiciones adecuadas de accesibilidad y posibilidad de aparcamiento, reforzando la concepción de las Autovías como cinta de comunicación pluriactiva de funciones terciarias que desemboque en una gran área que donde se potencie la inserción de elementos complementarios que conjuguen el ocio, el deporte o la salud.

Los usos específicos que deberán potenciarse y su ubicación serán el resultado de las condiciones de oportunidad derivadas de las carencias que en este orden se pudieran producir en los municipios colindantes. Se plantea la ubicación ideal en la confluencia de las dos vías de comunicación más importantes CV-40 y CV-60.

Se deberán potenciar de igual modo, las actividades de carácter administrativo y de oficinas, que deberán complementarse con la instalación de Hoteles (alojamiento) y Hostelería (restauración), Residencias Sanitarias o de la Tercera Edad. Se pretende en cualquier caso modificar su imagen de ciudad industrial, adaptándose a la condición de ciudad de servicios.

Ello requiere posibilitar la creación de empresas que den sustrato a las actividades que se pretenden implantar, lo que solo será factible si se genera suelo adecuado en cantidad suficiente y con condiciones aptas para este tipo de usos, debiendo disponer de los necesarios aparcamientos y buenas condiciones de accesibilidad.

La condición de Centro de Servicios, se completará con una oferta turística complementaria adecuada a su condición geográfica de "segunda línea costera", potenciando un Turismo de Interior, con el aliciente de la proximidad al mar, (a menos de 45 minutos).

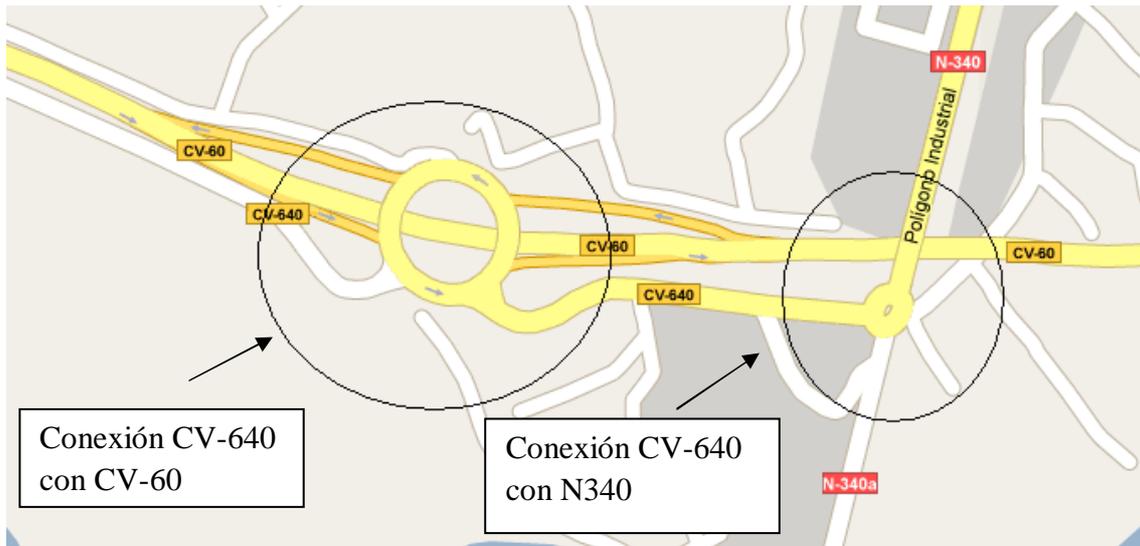
Como objetivo básico para su consecución, resulta obligado realizar la modificación de diseño de la travesía urbana de la CV-640, que deberá perder su condición actual de carretera, transformándose en Avenida tipo Boulevard donde se establecerá la reserva de espacio necesario para la inserción de una plataforma específica destinada a transporte público en su interior, mejorando las condiciones de accesibilidad mediante la diversificación de los accesos generales previstos a través esta y hacia el interior de la población.

Para que estas condiciones propuestas se conviertan en una realidad, se requiere aumentar las posibilidades del transporte público, mediante la incorporación de espacios adicionales de reserva para plataformas destinadas a uso exclusivo de cualquier sistema de transporte de carácter público, permitiendo su potenciación y diversificando las alternativas. Así mismo se posibilitará la creación de zonas de aparcamiento situadas en algunas zonas de los laterales o eje central que constituye la travesía urbana de la actual CV-640; estos aparcamientos tendrán como finalidad, permitir el

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

acercamiento del visitante a cualquier punto del territorio, al estar situadas en un punto estratégico, evitando con ello la inmisión de vehículos particulares en el área central del Centro Histórico o Casco Antiguo.

Se procurará la coordinación de la clasificación y calificación de los suelos de borde con los municipios colindantes, evitando las incongruencias de clasificación de suelos y atribución de usos existentes en los planeamientos vigentes.



Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria



La precipitación media anual registrada en la estación L'Olleria es de 540,9 mm. El mes con mayor volumen de precipitación es Octubre con una media de 81,1 mm, siendo Abril el mes con mayor número de días de precipitación, 7,3 mm. El mes más seco es Julio con 11,5 mm.

La media anual de número de días con tormentas es de 17, de granizadas 1,9 y de nevadas 0,8.

Respecto a la precipitación máxima en 24 horas estimada para el municipio se estiman en función del periodo de retorno:

Retorno (años)	2	5	10	20	30	50	100
mm de lluvia	75.9	119.9	149.0	176.9	193.0	213.1	240.2

La temperatura media registrada es de 16°C, siendo la temperatura mínima de 9.9°C y la máxima de 22.1°C. El mes más frío corresponde a Enero con 9.2°C y el mes más cálido a Junio con 24.5°C. La fecha media de aparición de la primera helada es el 4 de Diciembre y la última helada el 9 de Marzo.

El 14 de Mayo corresponde a la fecha media del primer día del año en el que la temperatura iguala o sobrepasa los 30°C.

A partir de los datos promediados de estas variables se puede obtener la tabla de evapotranspiración de Thornthwaite y los índices climáticos, que definirán el tipo de clima de la zona de estudio.

Las edificaciones destinadas a viviendas con alojamiento familiar permanente se concentran en el casco urbano de L'Olleria.

La expansión urbana de L'Olleria puede decirse que ha girado en torno al núcleo histórico, hacia el noroeste con la Avenida Jaume I, y hacia el sureste por la calle Batle, aunque la expansión ha sido más extensa en la parte noroeste ya que por el suroeste la expansión se ha visto limitada por los diversos polígonos industriales.

El término de L'Olleria se encuentra situado en las proximidades de la costa mediterránea, en el ambiente perteneciente a montaña valenciana. El clima de la comarca puede definirse como de transición entre el clima *Mediterráneo Continental* típico de las zonas de interior y el clima *Mediterráneo Costero*. Según la clasificación de Papadakis, el clima de la zona es *Mediterráneo Marítimo* con veranos tipo *Arroz* e inviernos tipo *Citrus*.

Los inviernos son fríos mientras que los veranos son moderados o calurosos, con temperaturas más bajas en las zonas altas que envuelven los valles. La temperatura media ronda los 15° y la precipitación anual es de 500 mm.

El aislamiento del valle derivado de las cadenas montañosas que lo rodean se traduce en la formación de nieblas y procesos de inversión térmica que caracterizan climáticamente toda la comarca.

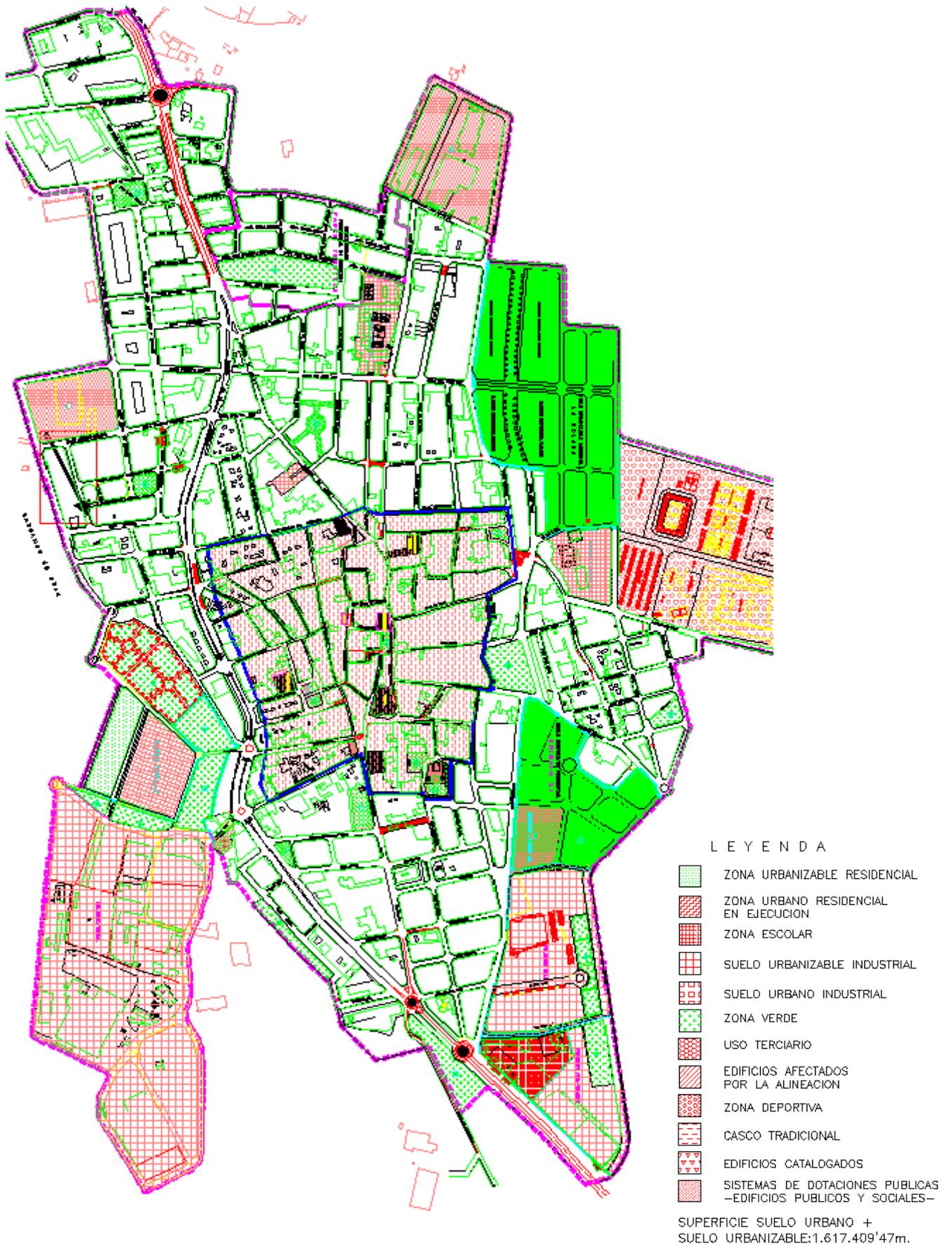
En la siguiente imagen se muestra la clasificación del uso del suelo, según el plan general de ordenación urbana de L'Olleria de, el cual nos da un punto de vista cuantitativo (suelo urbanizable, no urbanizable, suelo urbano, ..) y cualitativo del término de L'Olleria.

Podemos apreciar que gran parte del suelo no es urbanizable, por lo que no se puede prever una gran expansión a nivel de edificación, además vemos que gran extensión del terreno forma parte del suelo no urbanizable de especial protección agrícola así como otra gran extensión es no urbanizable por ser de especial valor ecológico.

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

Según el vigente Plan General de L'Olleria que fue aprobado por la Comisión Territorial de Urbanismo en Abril de 1999, las superficies que ocupan las diferentes clasificaciones del suelo, son las siguientes:

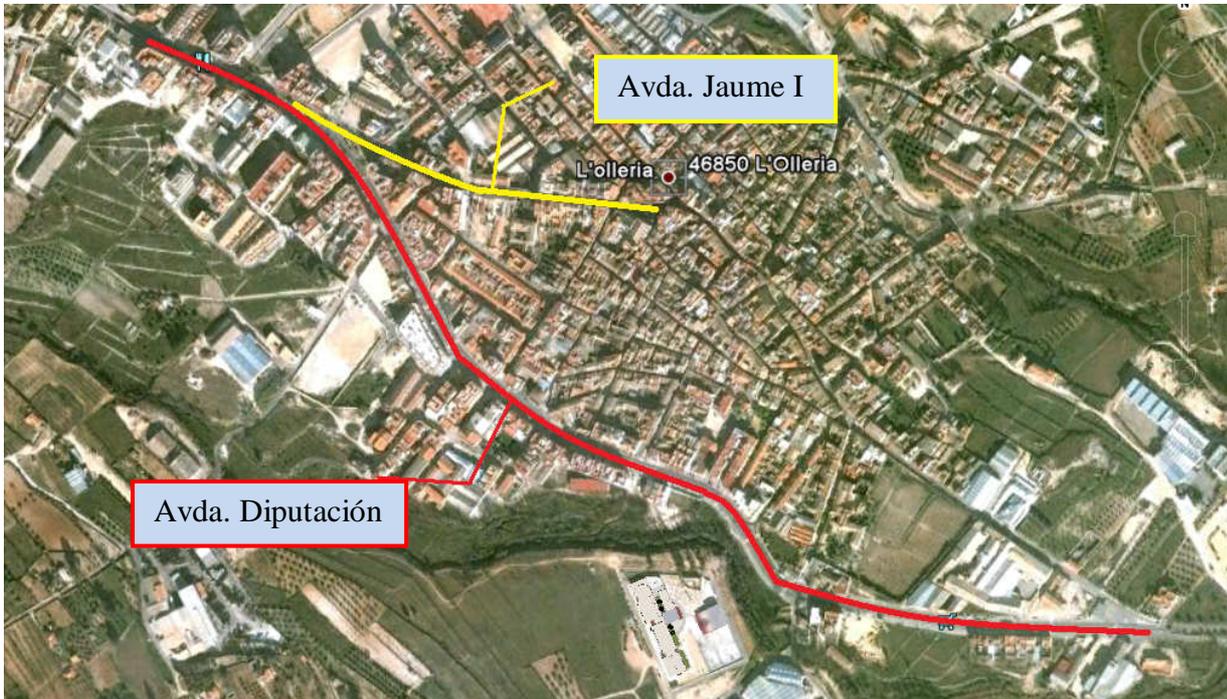
CLASIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	SUPERFICIE	TOTALES
SUELO URBANO	CASCO TRADICIONAL	19,16 Ha	161,73 Ha
	ENSANCHE	124,52 Ha	
	USO TERCIARIO	5,24 Ha	
	INDUSTRIAL	12,81 Ha	
SUELO URBANIZABLE	RESIDENCIAL	12,86 Ha	64,48 Ha
	INDUSTRIAL	51,62 Ha	
SUELO NO URBANIZABLE	COMÚN	1.941,88 Ha	2.976,12 Ha
	COMÚN COMPATIBLE VIVIENDAS	314,15 Ha	
	PROTEGIDO	609,71 Ha	
	AGROPECUARIO	110,38 Ha	
TOTAL TERMINO MUNICIPAL			3.202,33 Ha



6.2.2. SITUACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA.

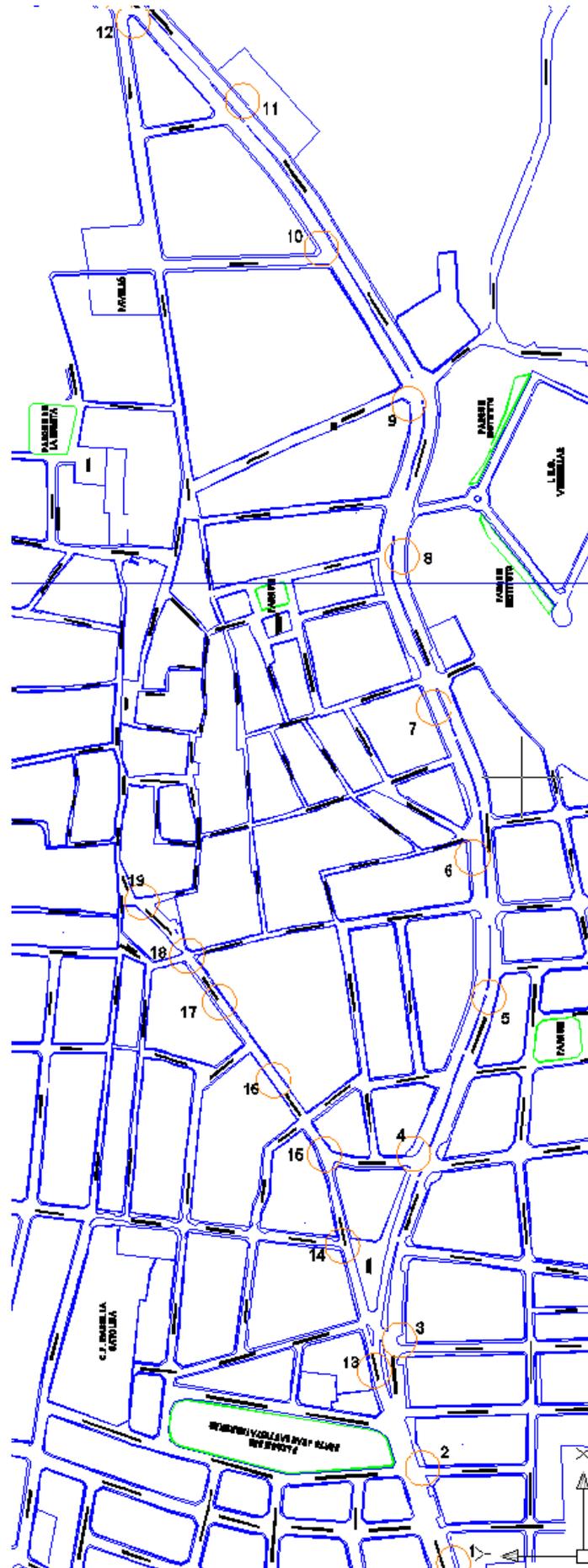
Se decidió escoger, la vía principal de entrada al pueblo y la principal vía de acceso al centro neurálgico de la ciudad ya que en estas vías se concentran la mayor parte de vehículos.

A continuación vemos una representación de las vías donde vamos a realizar las medidas acústicas, las cuales están marcadas en diferentes colores para poder distinguirlas.



Los puntos del 1 al 12 están situados en la Avenida Diputación y los puntos del 13 al 19 están situados en la Avenida Jaume I. Cabe destacar que cada punto está separado uno del otro aproximadamente de 100 metros o más.

En la imagen que se ve a continuación, se pueden observar detalladamente la situación de los puntos de medida, en el cual se colocó el sonómetro para la medición de cada uno.



Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

A continuación aparecen 3 fotografías de tres puntos de medida diferentes para visualizar como realizamos las medidas in situ.



Punto 6



Punto 1

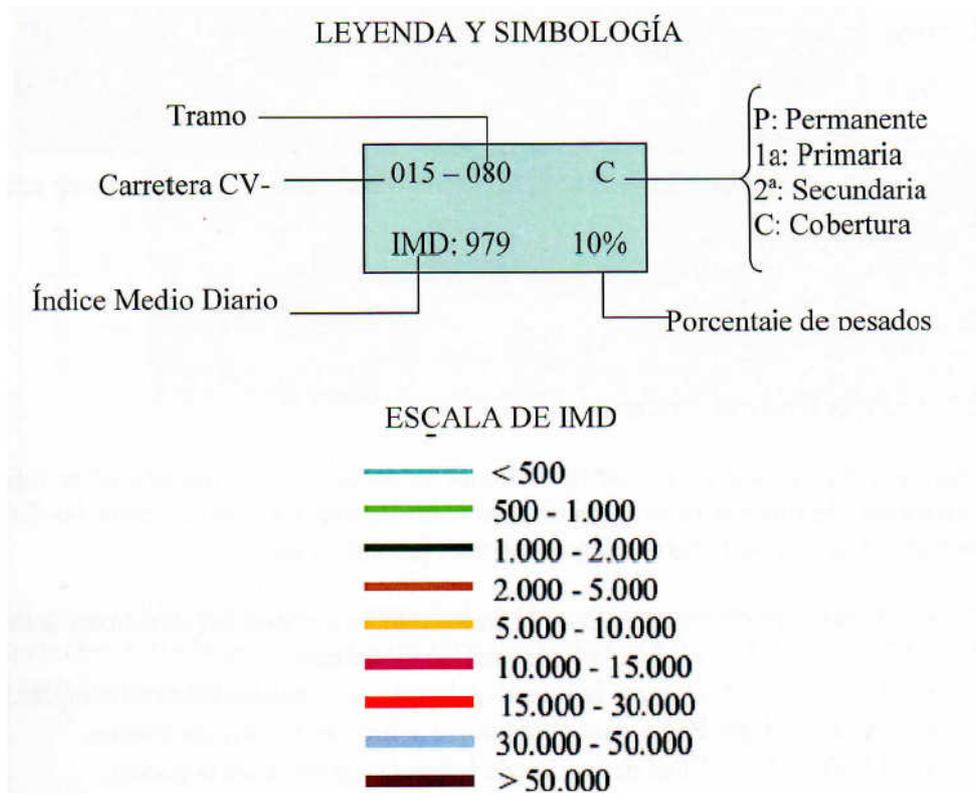
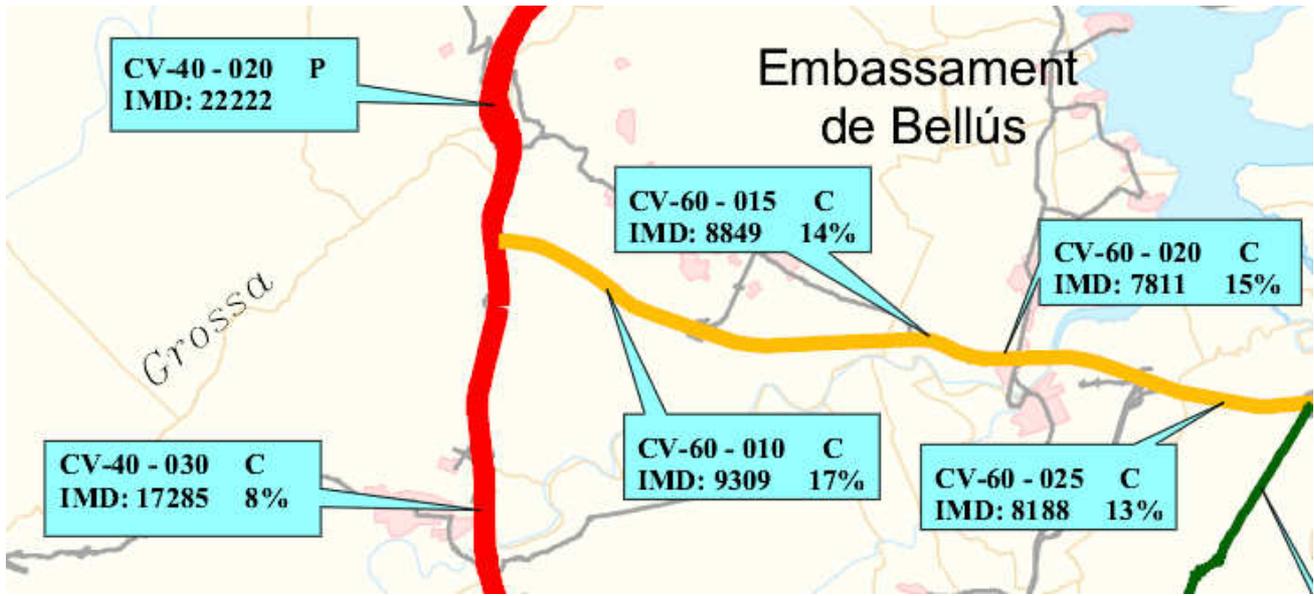


Punto 3.

6.2.2.1. ÍNDICE MEDIO DIARIO.

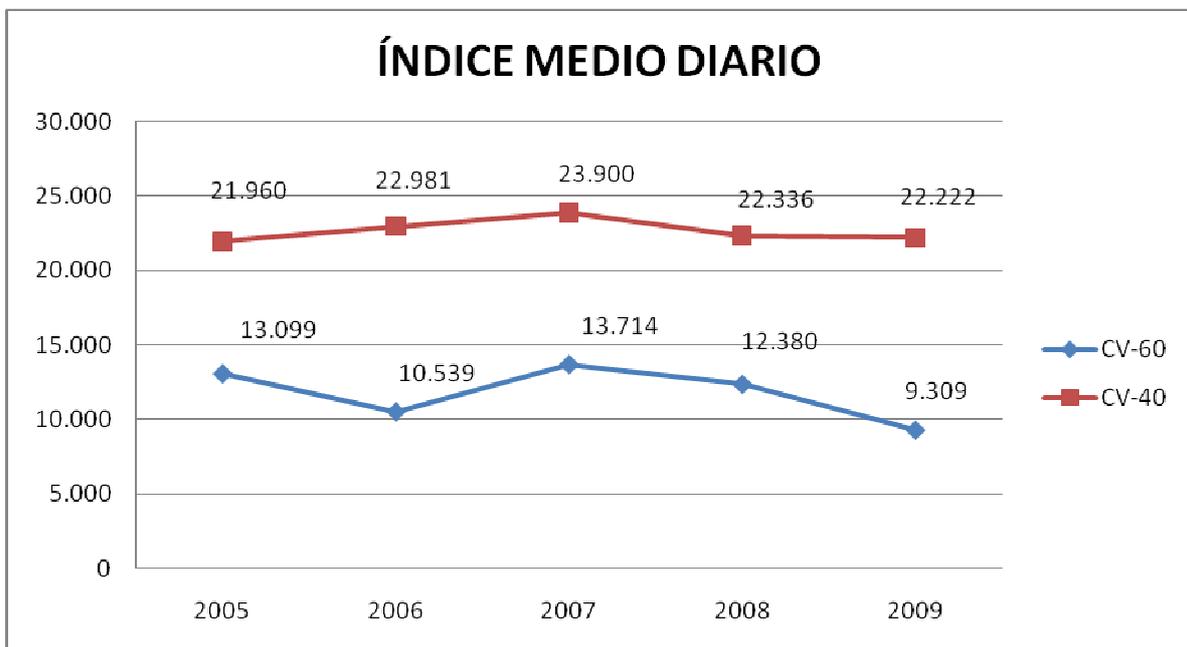
Según la información extraída de la Generalitat Valenciana, en el apartado de carreteras, hemos obtenido imágenes de mapas cuyo contenido se refiere al aforo de vehículos en la carretera CV-40 y CV-60 a su paso por L'Olleria.

Las imágenes pertenecen a los años 2009. Aunque estas carreteras no afectan en gran medida nuestras mediciones, se han introducido por ser dos carreteras principales de la red vial de la Comunidad Valenciana.



AFORO VEHÍCULOS CV-40					
AÑO	2005	2006	2007	2008	2009
I.M.D.	21.960	22.981	23.900	22.336	22.222
Vehículos pesados (%)	8	10	9	9	8

AFORO VEHÍCULOS CV-40					
AÑO	2005	2006	2007	2008	2009
I.M.D.	13.099	10.539	13.714	12.380	9.309
Vehículos pesados (%)	-	-	-	-	17



6.2.2.2. FRANJAS HORARIAS Y NÚMERO DE MEDIDAS.

Los horarios de realización de las medidas se escogieron en función de la Normativa Española vigente. Realizando estas de lunes a viernes, entre las 7:00 y las 19:00 (día), las 19:00 y las 23:00 (tarde) y las 23:00 y las 7:00 (noche).

Como norma general, los periodos de medición deben ser tan largos como sea necesario, fin de obtener un conocimiento exacto de la evolución del ruido. Existe una estrecha relación entre la elección de dichos periodos y el caudal de tráfico, que establece que, a medida que el caudal de tráfico disminuye o se hace más irregular, el tiempo de medición debe ser mayor, mientras que si el tráfico es intenso, podrá reducirse el tiempo de medición.

Los periodos de medición que suelen utilizarse en función de las características del tráfico son:

- Tráfico urbano diurno intenso: 5 a 10 minutos.

- Tráfico urbano diurno poco intenso: 10 a 15 minutos.
- Tráfico urbano nocturno: 10 a 30 minutos.
- Tráfico interurbano intenso: 10 a 20 minutos.
- Tráfico interurbano poco intenso: 20 a 30.

Teniendo en cuenta lo dicho, se decidió que cada medida se promediara sobre un periodo de quince minutos.

En cada punto y para cada franja horaria, se efectúan tres medidas en días distintos. De esta forma se obtendrá una medida promediada lo más significativa posible. En total se hicieron un total de 144 mediciones.

El caudal de tráfico se obtuvo contando los vehículos que circulaban en cada período de medida (15 minutos). El siguiente gráfico nos muestra la cantidad de vehículos que pasan en una hora en las diferentes franjas horarias.

En el Anexo II se representa para todos los puntos, los gráficos donde vemos una comparación entre la cantidad de vehículos (vehículos/hora) y el nivel equivalente obtenido para cada franja horaria.

6.3. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS.

De todos los datos obtenidos, representamos a continuación una tabla (*tabla_13*) donde aparece el promedio de todos los niveles. Es decir, vamos a ver el total de las medidas analizadas y calculadas, que en definitiva es el dato que más nos va a interesar para sacar una conclusión de todos los resultados y poder hacer una valoración.

PUNTO	Lden (dBA)	Lday (dBA)	Levening (dBA)	Lnight (dBA)
1	65.2	66.5	67.3	57.3
2	66.8	68.1	68.5	60.2
3	65.3	66.2	68.0	59.1
4	66.1	67.9	67.6	44.4
5	68.6	68.4	73.5	47.4
6	67.7	69.5	69.1	51.9
7	67.4	69.5	67.5	52
8	64.2	65.6	66.8	46.5
9	67.2	68.5	70	47.1
10	65.6	67	66.4	52.9
11	64.8	65	69.2	52.1
12	60.1	62.1	60.7	45.8
13	67.7	69.5	69	56.6
14	64.3	65	68	53.2
15	62	62.5	66.2	43.8
16	63.6	65	65.2	56
17	63.6	63.3	68.3	55
18	64.1	65.8	66	47.8
19	63.9	65	67	51.1

Tabla_13: Resultados obtenidos.

Para poder comparar los resultados, nos fijamos en los límites de recepción externos de la *tabla_12*, según el uso dominante. En nuestro caso es el residencial.

TIPO DE ÁREA		ÍNDICES DE RUIDO		
		Ld	Le	Ln
E	Sanitario, docente o cultural	55	55	45
A	Residencial	60	60	50
D	Uso Terciario	65	65	55
C	Recreativo y espectáculos	68	68	58
B	Industrial	70	70	60

Tabla_13: Índices de ruido según el tipo de áreas.

Mirando la tabla de resultados y comparándola con los niveles externos que deberían ser, según la ley 37/2003, nos damos cuenta que ningún punto medido cumple esta ley. Todos superan, incluso algunos con creces, el nivel de presión sonora.

Para poder tener mayor información y una visión global de todos los datos, en los anexos que siguen a este punto encontraremos todos los datos.

- Anexo I: Tablas de niveles obtenidos.
- Anexo II: Programa de trabajo.
- Anexo III: Representación del nivel Leq y caudal de vehículos.
- Anexo IV: Gráficas de todos los niveles (Lden, Ld, Le y Ln).
- Anexo V: Mapas sonoros.

7. CONCLUSIONES.

Tal y como se muestra en los resultados anteriores, podemos afirmar que los niveles no cumplen con la Ley 37/2003 del Estado Español, superando en todos los puntos los niveles según la franja horaria. Tampoco cumpliría la Ley 7/2002 de la Comunidad Valenciana.

Los puntos donde se presentan mayor conflicto son los que pertenecen a la Avenida Diputación con unos 68 dBA.

Es cierto que en donde se producen más quejas es en la Avenida Diputación debido a que es el eje central de la ciudad.

En la franja horaria de la noche se registra un mayor nivel de presión sonora en la Avenida Jaume I que en la Avenida Diputación ya que es el punto de acceso principal hacia el casco urbano y sin embargo la Avenida Diputación es una vía de acceso y salida de la localidad.

Los niveles de día y tarde son muy parecidos debido a que por la tarde hasta las 22:00, que termina la gente de trabajar en las fábricas, no para de haber movimiento por las 2 vías y durante el día la gente se desplaza a comprar al supermercado y a hacer gestiones a bancos y demás y hay mucho movimiento.

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

Tomando en consideración la relación existente entre la molestia en general, había opiniones de diverso carácter pero la mayoría coincidía en que los vehículos pesados y las motocicletas provocaban un mayor desagrado.

Por ultimo decir, que los ayuntamientos de España, y en concreto el de L'Olleria, se están sensibilizando con la problemática del ruido en las poblaciones y cada vez se producen mejoras, de infraestructuras para paliar, en la medida de lo posible, el ruido producido por el tráfico rodado. Una de las medidas que se han llevado a cabo en el municipio de L'Olleria puede ser la circunvalación CV-60 recientemente realizada para reducir, lo mayor posible, el tráfico que circulaba por L'Olleria dirección Gandia siendo la única vía de paso desde poblaciones como Xátiva , Onteniente, etc.

7.1. SOLUCIONES PROPUESTAS.

Para reducir el impacto acústica de una vía de circulación cercana a una urbanización, las soluciones van desde el empleo de pantallas acústicas, semicubiertas a lo largo del tramo de vía en cuestión, el empleo de diques de tierra y el atrincheramiento de la vía, mecanismos que dificultan la transmisión del ruido.

A continuación se esbozan algunas medidas a emplear en la fase de diseño y otras posteriores basadas en las propiedades de las fuentes de ruido de tráfico y en su transmisión:

- La elección del trazado (deprimido, pendientes, curvas, etc).
- El distanciamiento de la traza. Se consiguen de 3 dB(A) al duplicar la distancia a la fuente de ruido.
- La disposición en pendiente o rampa según la proximidad al núcleo habitado.
- La utilización de pavimentos poco ruidosos.

Según las propiedades de los sonidos:

- Concentrar el tráfico en pocas vías, si la capacidad de estas lo permiten.
- Proyectar las vías principales por las zonas con niveles más elevados.

En zonas urbanas:

- Limitar la velocidad.
- Sincronizar semáforos.
- Supresión nocturna del funcionamiento de los semáforos.

Por otra parte, el ruido de rodadura también puede ser reducido evitando los empedrados irregulares, baches, etc. Utilizar pavimentos más porosos permite reducir la emisión secundaria causada por las reflexiones del sonido en la calzada.

Para el caso de L'Olleria lo primero que hay que tener en cuenta es que el empleo de pantallas, diques, trincheras o semicubiertas, no tiene ningún sentido debido a que se trata de un núcleo urbano y por lo tanto su ejecución es imposible y su eficacia nula, por lo que conviene recurrir a otro tipo de alternativas.

La primera de ellas es concienciar a los habitantes de L'Olleria de la necesidad de lograr una ciudad silenciosa, por medio de campañas de información (posters, folletos, audiovisuales, etc.), tal y como se ha realizado en distintas ciudades.

La segunda consistiría en controlar los vehículos que superen los niveles máximos recomendados, bien por circular con escape en mal estado o por otras causas mecánicas o de falta de mantenimiento, tomando medidas punitivas con aquellos vehículos que infrinjan dicho

nivel. Se tendrá que insistir en el control de las motocicletas que circulen con escapes libre o en mal estado, ya que son éstas una de las fuentes de ruido más molestas e importantes dentro del ruido producido por el tráfico rodado.

La tercera consiste en la utilización de pavimentos drenantes absorbentes, ya que como se mencionó, a pesar de estar pensando para ruido de rodadura, también ofrece absorción para el considerado ruido de motor, característico de los núcleos urbanos. La reducción con respecto a un pavimento convencional, está en torno a los 3 dB(A).

Reducir las velocidades de los vehículos y hacer que no circulen vehículos pesados por la población.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

- “Apuntes Contaminación Acústica (2009)”. Prof. Jesús Alba.
- “Harris C. Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido”. Ed. Mc Graw Hill. 1995
- Acústica Arquitectónica y Urbanística’. J. Llinares, A. Llopis, J. Sancho. Servicio de Publicaciones UPV. 1996
- ‘Acústica Arquitectónica’. M. Recuero- C. Gil. 1993.
- Ley 7/2002, de la comunidad valenciana de 3 de diciembre de protección contra la contaminación acústica.
- Decreto 104/2006, de 14 de julio, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.
- Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del ruido.
- Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Norma básica NBE-CA-88 sobre Condiciones Acústicas en los Edificios.
- Aliaga J. “Actualización de la evolución de la contaminación acústica provocada por el tráfico de la N-332 a su paso por la ciudad de Oliva”. Proyecto fin de carrera. Universidad Politécnica de Valencia . 2006
- Noise Pollution Clearinghouse. (www.nonoise.org).
- www.eie.fceia.unr.edu.ar
- www.elruido.com
- Comité sobre la salud ambiental. (www.iconocast.com).
- Predictor 7813. (www.bksv.es).
- www.gid.uji.es.
- www.uah.es.
- Ministerio de Medio Ambiente. (www.mma.es).
- Organización Mundial de la Salud. www.aeivalencia.com/PerdidaAuditiva.pdf).
- Mapas de Aforo. (www.cit.gva.es).
- www.ine.es
- Decreto 1371/2007, de 19 de Octubre sobre el Código Técnico de la Edificación. (CTE-DB-HR).

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

- 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.
- Ajuntament de L'Olleria. (Administración de Urbanismo).

ANEXO I

RESULTADO DE LAS MEDIDAS EN FRANJAS HORARIAS

En el siguiente anexo se presenta todas las medidas obtenidas para las diferentes franjas horarias.

- Medidas obtenidas:

En estas tablas se han recogido los niveles obtenidos para las cuatro franjas horarias de los doce puntos.

En ellas se recoge:

- L_{day}: Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A en el periodo de día.
- L_{evening}: Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A en el periodo de tarde.
- L_{night}: Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A en el periodo de noche.
- Q_{VL}: Caudal de vehículos ligeros.
- Q_M: Caudal de motocicletas.
- Q_{VP}: Caudal de vehículos pesados.
- Q_{TOTAL}: Caudal total.
- Q_{V/h}: Caudal de vehículos en una hora.

PUNTO 1 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
11:51	66,53	83	10	1	94	376	0
12:08	65,92	81	5	1	87	348	0,3
12:22	67,16	57	11	0	68	272	0
PROMEDIO	66,5	73,7	8,7	0,7	83	332	0,1

PUNTO 1 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:00	66,52	100	10	3	113	452	0,7
19:16	67,9	110	11	5	126	504	0,1
19:31	67,71	180	6	1	187	748	0,3
PROMEDIO	67,3	130	9	3	142	568	0,4

PUNTO 1 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
23:32	59,69	8	0	0	8	32	0,6
23:48	54	14	0	0	14	56	0
00:06	58,19	20	1	0	21	84	0
PROMEDIO	57,3	14	0,3	0	14,3	172	0,2

PUNTO 2 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
11:15	67,51	120	14	2	136	544	1,1
11:31	69,3	95	4	8	107	428	0,2
11:47	67,58	103	13	1	117	468	0,1
PROMEDIO	68,1	106	10,3	3,6	120	480	0,4

PUNTO 2 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:50	67,7	78	10	1	89	356	0,5
20:06	70,34	106	9	2	117	468	1,2
20:37	67,38	109	9	2	120	480	0
PROMEDIO	68,5	97,7	9,3	1,7	108,7	434,7	0,8

PUNTO 2 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
23:00	58,43	13	2	0	15	60	0,3
23:16	60,69	24	0	2	26	104	0
23:32	61,56	15	0	0	15	60	1,2
PROMEDIO	60,2	17,3	0,7	0,7	18,7	74,7	0,5

PUNTO 3 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
10:36	65,61	100	8	2	110	440	0
10:52	66,98	106	7	4	117	468	0
11:10	66,03	98	6	5	109	436	0,9
PROMEDIO	66,2	101,3	7	3,7	112	448	0,3

PUNTO 3 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:00	67,14	112	10	5	127	508	2,3
19:16	68,32	127	10	7	144	576	0,6
19:33	68,58	130	14	5	149	596	0,1
PROMEDIO	68,0	123	11,3	5,7	140	560	1

PUNTO 3 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
23:23	58,81	13	0	0	13	52	0,1
23:39	57,94	10	0	0	10	40	0,8
23:50	60,65	9	0	0	9	36	0,5
PROMEDIO	59,1	10,7	0	0	10,7	42,7	0,4

PUNTO 4 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
09:58	67,82	90	14	1	105	420	0,9
10:14	67,36	100	16	3	119	476	0,2
10:30	68,44	94	8	2	104	416	0
PROMEDIO	67,9	94,7	12,7	2	109,3	437,3	0,3

PUNTO 4 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
20:03	67,6	135	19	3	157	628	1,4
20:19	68	148	15	6	169	676	0
20:35	67,21	138	8	7	153	612	0,2
PROMEDIO	67,6	140,3	14	5,3	159,7	638,7	0,5

PUNTO 4 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
02:23	51,36	1	0	0	1	4	1,8
02:38	43,29	1	0	0	1	4	0,2
02:54	38,69	2	0	0	2	8	0
PROMEDIO	44,4	1,3	0	0	1,3	5,3	0,6

PUNTO 5 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
09:19	68,29	95	11	3	109	436	0,1
09:35	67,57	90	10	4	104	416	0
09:51	69,5	100	11	1	112	448	0,1
PROMEDIO	68,4	95	10,7	2,7	108,3	433,3	0

PUNTO 5 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:00	73,3	101	8	3	112	448	0,1
19:16	78,67	88	15	7	110	440	0,2
19:32	68,75	77	10	10	97	388	0
PROMEDIO	73,5	80,7	11	6,7	106,3	425,3	0,1

PUNTO 5 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
01:33	35,46	2	0	0	2	8	0
01:48	54,67	2	1	0	3	12	0
02:04	52,2	0	0	0	0	0	0,1
PROMEDIO	47,4	1,3	0,3	0	1,6	6,6	0

PUNTO 6 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
08:42	70,55	81	5	0	86	344	1,3
08:59	69,54	105	7	3	115	460	0,9
09:16	68,46	115	12	0	127	508	0
PROMEDIO	69,5	100,3	8	1	109,3	437,3	0,7

PUNTO 6 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
20:55	69,44	147	15	6	168	672	0
20:11	68,48	170	12	10	192	768	0
20:27	69,35	173	9	4	280	1120	0,1
PROMEDIO	69,1	163,3	12	6,7	213,3	853,3	0

PUNTO 6 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
00:43	53,42	3	0	0	3	12	0,2
00:58	49,27	2	0	0	2	8	0
01:14	53,14	5	1	0	6	24	0
PROMEDIO	51,9	3,3	0,3	0	3,7	14,7	0

PUNTO 7 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
08:06	69,68	70	7	2	79	316	0
08:22	70,47	78	13	3	94	376	0,1
08:39	68,36	90	10	1	101	404	0,1
PROMEDIO	69,5	79,3	10	2	91,3	365,3	0

PUNTO 7 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
21:26	66,87	134	11	10	155	620	2,6
21:50	67,82	135	18	10	163	652	1,1
22:06	67,89	150	17	9	176	704	0
PROMEDIO	67,5	139,7	15,3	9,7	164,7	658,7	1,2

PUNTO 7 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
02:29	55,56	1	0	0	1	4	0,1
00:06	60,11	11	1	0	12	48	0
00:21	40,26	10	0	0	10	40	0
PROMEDIO	52	7,3	0,3	7,7	30,7		0

PUNTO 8 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
12:00	66,2	62	16	3	81	324	0,2
12:16	65,91	89	10	2	101	404	0,4
12:31	64,82	79	18	1	98	392	0
PROMEDIO	65,6	76,7	14,7	2	93,3	373,3	0,2

PUNTO 8 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
21:53	67,88	170	19	7	196	784	0
21:51	66,41	173	9	8	190	760	0,2
19:08	66,28	130	10	6	146	584	0,2
PROMEDIO	66,8	157,7	12,7	7	177,3	709,3	0,1

PUNTO 8 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _M	Q _{VP}	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
01:39	45,15	1	0	0	1	4	0
01:54	46,81	1	0	0	1	4	0,1
02:09	47,6	4	0	0	4	16	0,1
PROMEDIO	46,5	2	0	0	2	8	0

PUNTO 9 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
11:04	69,27	59	12	0	71	284	0,8
11:20	67,7	73	12	1	86	344	0
11:36	68,44	80	2	3	85	340	1
PROMEDIO	68,5	70,7	8,7	1,3	80,7	322,7	0,6

PUNTO 9 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
20:32	71,16	140	8	4	152	608	1,1
20:14	68,97	130	10	2	142	568	0,9
20:31	68,85	107	10	8	125	500	0
PROMEDIO	70	125,7	9,3	4,7	139,7	538,7	0,6

PUNTO 9 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
00:48	49,38	2	0	0	2	8	0,6
01:05	45,18	2	1	0	3	12	0
01:21	46,58	4	0	0	4	16	0,1
PROMEDIO	47,1	2,7	0,3	0	3	12	0,2

PUNTO 10 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
10:12	65,63	65	10	0	75	300	0
10:28	69,47	58	13	2	73	292	0
10:44	65,81	60	11	6	77	308	0
PROMEDIO	67	61	11,3	2,7	75	300	0

PUNTO 10 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:12	67,26	98	21	8	127	508	0
19:38	65,11	104	13	11	128	512	0,2
20:55	67,07	125	5	2	132	528	0,8
PROMEDIO	66,4	109	13	7	129	516	0,3

PUNTO 10 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
23:57	56,51	0	2	0	2	8	0,1
00:13	49,97	4	0	0	4	16	0
00:29	52,22	3	0	0	3	12	1,9
PROMEDIO	52,9	2,3	0,7	0	3	12	0,6

PUNTO 11 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
12:27	65,64	70	9	2	81	324	0,4
12:43	64,22	80	5	1	86	344	0,1
12:59	65,46	60	10	5	75	300	0
PROMEDIO	65	70	8	2,7	80,7	322,7	0,1

PUNTO 11 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
21:54	68,07	55	10	4	69	276	0
22:14	71,99	65	5	3	73	292	0
22:36	67,63	62	11	5	78	312	0,1
PROMEDIO	69,2	60,7	8,7	4	73,3	293,3	0

PUNTO 11 → FRANJA 3

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
01:56	51,43	0	1	1	2	8	2,1
02:11	54,71	2	0	1	3	12	0,9
02:27	50,16	5	0	0	5	20	0,1
PROMEDIO	52,1	2,3	0,3	0,7	3,3	13,3	1

PUNTO 12 → FRANJA 1

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
11:31	61,88	83	11	0	94	376	2,1
11:48	62,73	75	7	2	84	336	0,9
12:04	61,77	90	8	1	99	396	0,1
PROMEDIO	62,1	82,7	8,7	1	92,3	369,3	1

PUNTO 12 → FRANJA 2

HORA	LAeq	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
22:33	59,66	80	15	1	96	384	0
21:56	60,36	68	11	2	81	324	0,1
21:38	62,2	70	7	0	77	308	0
PROMEDIO	60,7	72,7	11	1	84,7	338,7	0

PUNTO 12 → FRANJA 3

HORA	L _{day}	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
00:58	44,79	5	0	0	5	20	0,2
01:14	44,94	3	0	0	3	15	0
01:31	47,71	3	0	0	3	15	0,1
PROMEDIO	45,8	3,7	0	0	3,7	16,7	0,1

PUNTO 13 → FRANJA 1

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
12:50	72,23	108	11	2	121	484	0,1
13:06	68,17	107	6	2	115	460	0,2
13:23	67,95	105	4	2	111	444	0,1
PROMEDIO	69,5	106,7	7	2	115,7	462,7	0,1

PUNTO 13 → FRANJA 2

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:58	70,28	154	10	6	170	680	0,1
20:14	68,73	185	10	6	201	804	0,1
20:29	67,88	171	10	5	186	744	0
PROMEDIO	69	170	10	5,7	185,7	742,7	0

PUNTO 13 → FRANJA 3

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
00:00	55,56	23	0	0	23	92	0
00:16	56,54	11	0	0	11	44	0
00:34	57,75	10	0	0	10	40	0
PROMEDIO	56,6	14,7	0	0	14,7	58,7	0

PUNTO 14 → FRANJA 1

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
13:25	63,28	70	4	2	76	304	0,2
13:41	67,5	57	2	2	61	244	0,1
13:58	64,26	63	1	2	66	264	0
PROMEDIO	65	63,3	2,3	2	67,7	270,7	0,1

PUNTO 14 → FRANJA 2

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
20:06	69,53	50	2	3	55	220	0
20:21	68,38	52	7	7	66	264	0,1
20:37	66,17	45	6	5	56	224	0,1
PROMEDIO	68	49	5	5	59	236	0

PUNTO 14 → FRANJA 3

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
00:52	51,47	7	1	0	8	32	0,8
01:08	52,95	3	0	0	3	12	0
01:24	55,32	3	0	0	3	12	0
PROMEDIO	53,2	4,3	0,3	0	4,7	18,7	0,2

PUNTO 15 → FRANJA 1

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
08:01	61,34	72	5	0	77	308	0
08:17	62,04	58	5	1	64	256	0,5
08:33	64,18	51	1	1	53	212	0,3
PROMEDIO	62,5	60,3	3,7	0,7	64,7	258,7	0,2

PUNTO 15 → FRANJA 2

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:35	64,9	81	11	6	98	392	0,2
19:51	67,96	89	6	6	101	404	0,1
19:06	65,62	100	5	7	112	448	0
PROMEDIO	66,2	90	7,3	6,3	103,7	414,7	0,1

PUNTO 15 → FRANJA 3

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
23:52	35,99	1	0	0	1	4	0
00:08	45,26	0	0	0	0	0	0
01:43	49,96	0	0	1	1	4	0
PROMEDIO	43,8	0,3	0	0,3	0,7	2,7	0

PUNTO 16 → FRANJA 1

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
08:39	65,04	49	3	0	52	208	0,1
08:55	64,48	60	3	0	63	252	0,1
09:12	65,28	63	3	1	67	268	0
PROMEDIO	65	57,3	3	0,3	60,7	242,7	0

PUNTO 16 → FRANJA 2

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:35	64,62	85	5	2	92	368	0
19:51	64,77	65	6	2	73	292	0,1
20:06	66,31	67	2	4	73	292	0
PROMEDIO	65,2	72,3	4,3	2,7	79,3	317,3	0

PUNTO 16 → FRANJA 3

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
23:33	50,57	12	2	0	14	56	0,9
23:52	59,5	7	0	0	7	28	0
00:08	57,79	2	0	0	2	8	0,3
PROMEDIO	56	7	0,7	0	7,7	30,7	0,4

PUNTO 17 → FRANJA 1

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
09:12	63,5	60	2	1	63	252	0,2
09:29	64,37	55	2	0	57	228	0
09:46	62,15	57	0	0	57	228	0
PROMEDIO	63,3	57,3	1,3	0,3	59	236	0

PUNTO 17 → FRANJA 2

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:09	66,25	78	2	6	86	344	1,8
19:25	72,42	90	0	2	92	368	0,2
19:41	66,16	86	2	3	91	364	0
PROMEDIO	68,3	84,7	1,3	3,7	89,7	358,7	0,6

PUNTO 17 → FRANJA 3

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
00:25	47,38	6	0	0	6	24	0,1
00:41	62,1	8	1	0	9	36	0
01:00	55,73	1	0	0	1	4	0,1
PROMEDIO	55	5	0,3	0	5,3	21,3	0

PUNTO 18 → FRANJA 1

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
09:45	63,65	64	2	2	68	272	0,1
10:01	67,64	59	0	0	59	236	0,2
10:17	66,08	68	0	6	74	296	0
PROMEDIO	65,8	63,7	0,7	2,7	67	268	0,1

PUNTO 18 → FRANJA 2

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
19:43	65,89	89	0	5	94	376	0
20:00	65,39	77	2	2	81	324	0
20:16	66,24	76	2	2	80	320	0,1
PROMEDIO	66	80,7	1,3	3	85	340	0

PUNTO 18 → FRANJA 3

HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
01:17	42,11	6	0	0	6	24	1,4
01:32	43,57	1	0	0	1	4	0
01:48	57,67	1	0	0	1	4	0,2
PROMEDIO	47,8	2,7	0	0	2,7	10,7	0,5

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

PUNTO 19 → FRANJA 1							
HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
10:17	64,33	62	4	1	67	268	0,2
10:35	66,73	73	4	2	79	316	0,4
10:51	63,9	82	2	4	88	352	0
PROMEDIO	65	72,3	3,3	2,3	78	312	0,2

PUNTO 19 → FRANJA 2							
HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
20:16	69,56	67	2	1	70	280	0
20:31	68,58	70	2	2	74	296	0,2
20:48	63,05	56	0	4	60	240	0,2
PROMEDIO	67	64,3	1,3	2,3	68	272	0,1

PUNTO 19 → FRANJA 3							
HORA	Lday	Q _{VL}	Q _{VP}	Q _M	Q _{TOTAL}	Q _{V/h}	Viento (m/s)
23:35	44,98	3	0	0	3	12	0
02:05	49,65	2	0	0	2	8	0,1
02:23	58,8	11	2	0	13	52	0,1
PROMEDIO	51,1	5,3	0,7	0	6	24	0

ANEXO II

PROGRAMA DE TRABAJO

En esta tabla se refleja todos los días en que se han realizado las medidas, así como las horas y las franjas para todos los puntos.

Mediciones	FRANJA 1 07:00 - 19:00			FRANJA 2 19:00 - 23:00		
	1	2	3	1	2	3
PUNTO 1	29/10/09 11:51	29/10/09 12:08	29/10/09 12:22	21/10/09 17:00	21/10/09 17:16	21/10/09 17:31
PUNTO 2	29/10/09 11:15	29/10/09 11:31	29/10/09 11:47	14/10/09 17:50	14/10/09 18:06	14/10/09 18:22
PUNTO 3	29/10/09 10:36	29/10/20 09 10:52	29/10/09 11:10	14/10/09 16:57	14/10/09 17:13	14/10/09 17:29
PUNTO 4	29/10/09 9:58	29/10/09 10:14	29/10/09 10:30	14/10/09 16:03	14/10/09 16:19	14/10/09 16:35
PUNTO 5	29/10/09 9:19	29/10/09 9:35	29/10/09 9:51	07/10/09 18:52	07/10/09 19:08	07/10/09 19:24
PUNTO 6	29/10/09 8:42	29/10/09 8:59	29/10/09 9:16	07/10/09 17:55	07/10/09 18:11	07/10/09 18:27
PUNTO 7	29/10/09 8:06	29/10/20 09 8:22	29/10/20 09 8:39	07/10/20 09 16:26	07/10/20 09 16:50	07/10/20 09 17:06
PUNTO 8	21/10/09 12:00	21/10/09 12:16	21/10/09 12:31	15/09/09 18:53	01/10/09 18:51	01/10/09 19:08
PUNTO 9	21/10/09 11:04	21/10/20 9 11:20	21/10/09 11:20	15/09/20 9 18:32	01/10/09 18:14	01/10/09 18:31
PUNTO 10	21/10/09 10:12	21/10/20 09 10:28	21/10/09 10:44	15/09/09 18:12	01/10/09 17:38	01/10/09 17:55
PUNTO 11	01/10/09 12:27	01/10/09 12:43	01/10/09 12:59	15/09/09 17:54	01/10/09 17:04	01/10/09 17:20
PUNTO 12	01/10/09 11:31	01/10/09 11:48	01/10/09 12:04	15/09/09 17:33	01/10/09 15:56	01/10/09 16:12
PUNTO 13	29/10/09 12:50	29/10/09 13:06	29/10/09 13:22	21/10/09 17:58	21/10/09 18:14	21/10/09 18:29
PUNTO 14	29/10/09 13:25	29/10/09 13:41	29/10/09 13:57	28/10/09 18:06	28/10/09 18:21	28/10/09 18:37
PUNTO 15	30/10/09 8:01	30/10/09 8:16	30/10/09 8:32	28/10/09 18:56	28/10/09 19:11	28/10/09 19:27
PUNTO 16	30/10/09 8:39	30/10/09 8:54	30/10/09 9:09	29/10/09 18:35	29/10/09 18:51	29/10/09 19:07
PUNTO 17	30/10/09 9:12	30/10/09 9:28	30/10/09 9:44	29/10/09 19:09	29/10/09 19:24	29/10/09 19:39
PUNTO 18	30/10/09 9:45	30/10/09 10:01	30/10/09 10:17	29/10/09 19:43	29/10/09 19:58	29/10/09 20:13
PUNTO 19	30/10/09 10:19	30/10/09 10:35	30/10/09 10:51	29/10/09 20:16	29/10/09 20:31	29/10/09 20:46

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

	FRANJA 3 23:00 - 07:00		
Mediciones	1	2	3
PUNTO 1	29/10/09 23:32	29/10/09 23:43	29/10/09 23:53
PUNTO 2	29/10/09 22:57	29/10/09 23:08	29/10/09 23:19
PUNTO 3	29/10/09 22:23	29/10/09 22:34	29/10/09 22:44
PUNTO 4	22/10/09 2:23	22/10/09 2:38	22/10/09 2:54
PUNTO 5	22/10/09 1:33	22/10/09 1:48	22/10/09 2:04
PUNTO 6	22/10/09 0:43	22/10/09 0:58	22/10/09 1:14
PUNTO 7	21/10/09 2:29	22/10/09 0:06	22/10/09 0:21
PUNTO 8	21/10/09 1:39	21/10/09 1:54	21/10/09 2:09
PUNTO 9	21/10/09 0:48	21/10/09 1:05	21/10/09 1:21
PUNTO 10	20/10/09 23:57	21/10/09 0:13	21/10/09 0:29
PUNTO 11	08/10/09 1:56	08/10/09 2:11	08/10/09 2:27
PUNTO 12	08/10/09 0:58	08/10/09 1:14	08/10/09 1:31
PUNTO 13	17/09/20 09 0:00	17/09/20 09 0:16	17/09/20 09 0:34
PUNTO 14	17/09/09 0:52	17/09/09 1:08	17/09/09 1:24
PUNTO 15	17/09/09 1:43	17/09/09 1:58	17/09/09 2:14
PUNTO 16	02/10/09 23:33	01/10/09 23:52	02/10/09 0:08
PUNTO 17	02/10/09 0:25	02/10/09 0:41	02/10/09 1:00
PUNTO 18	02/10/09 1:17	02/10/09 1:32	02/10/09 1:48
PUNTO 19	02/10/09 2:23	02/10/09 2:05	16/09/09 23:35

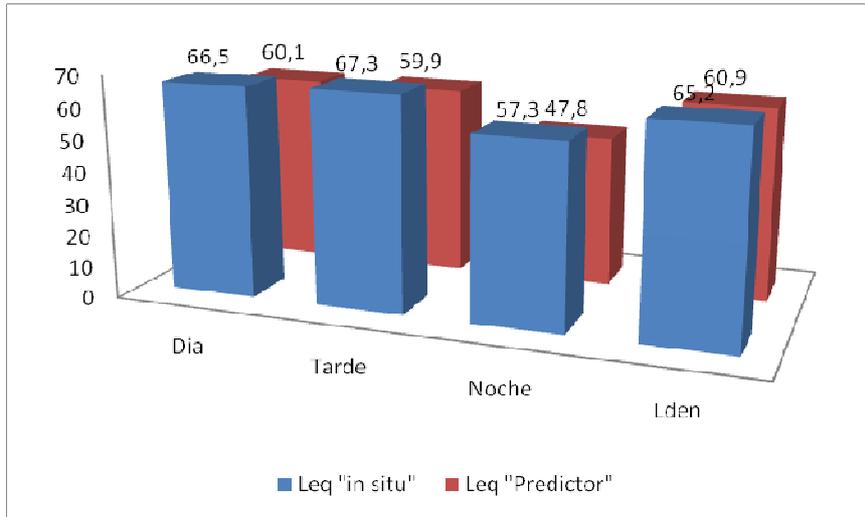
ANEXO III

REPRESENTACIÓN DATOS

En este anexo lo que vamos a ver es la representación de los datos obtenidos del trabajo realizado en L'Olleria, mostrando las figuras de los niveles Leq, tanto de los niveles medidos "in situ" como de los obtenidos por el programa de simulación, en las tres franjas horarias.

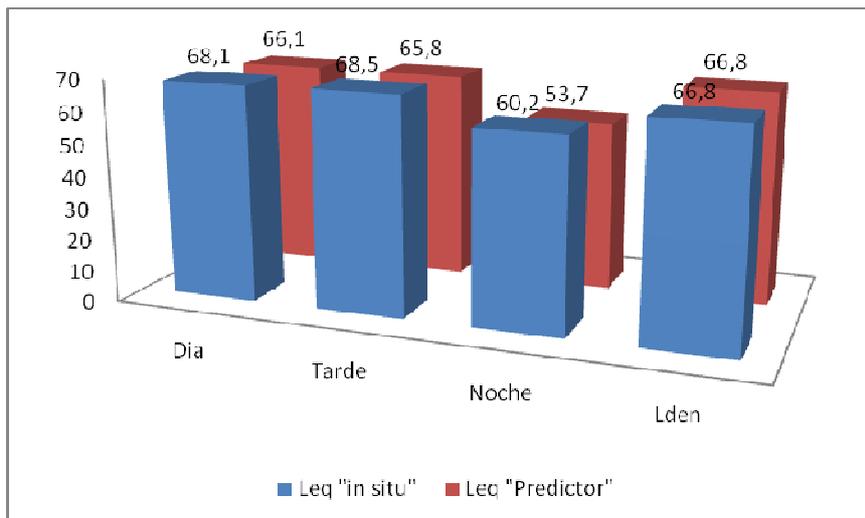
• PUNTO 1

Leq



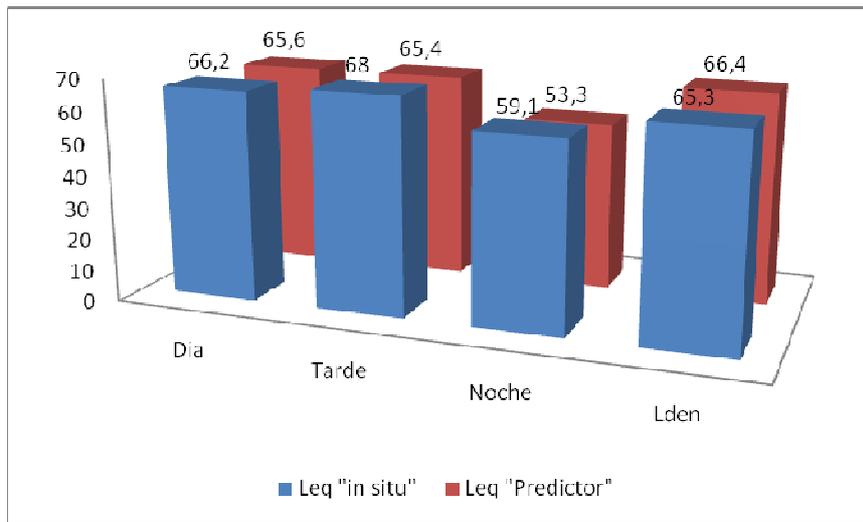
• PUNTO 2

Leq



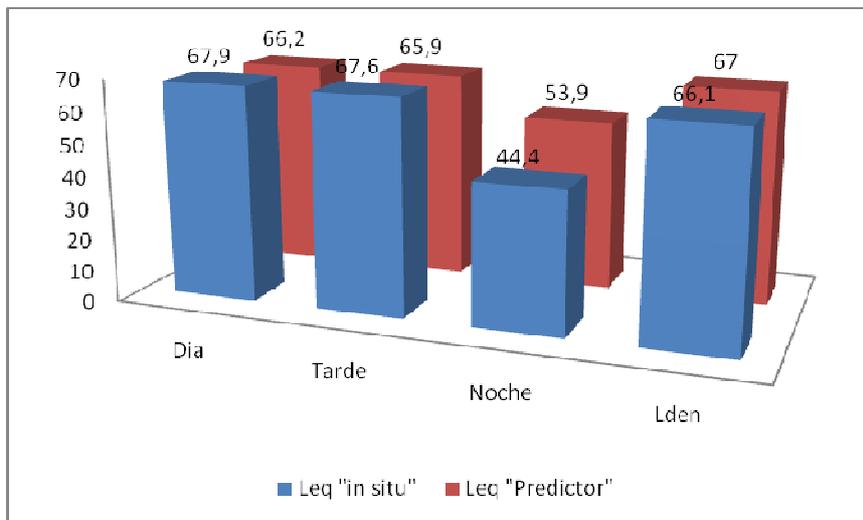
- PUNTO 3

Leq



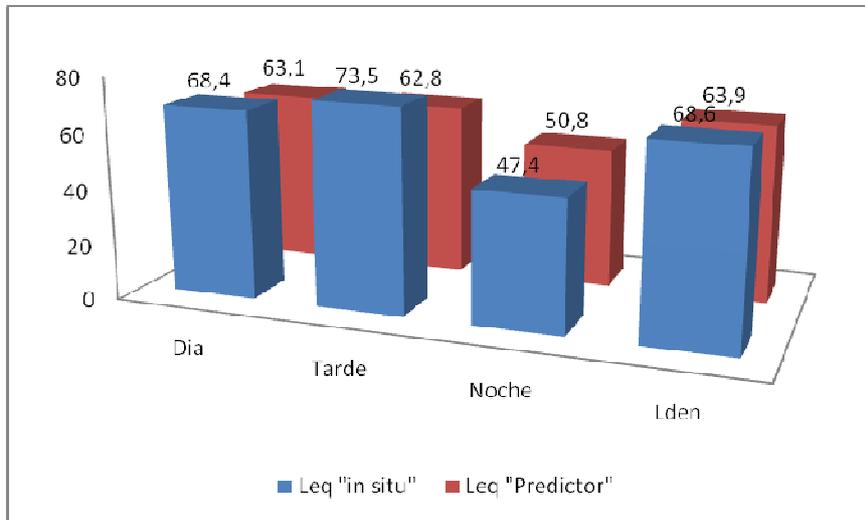
- PUNTO 4

Leq



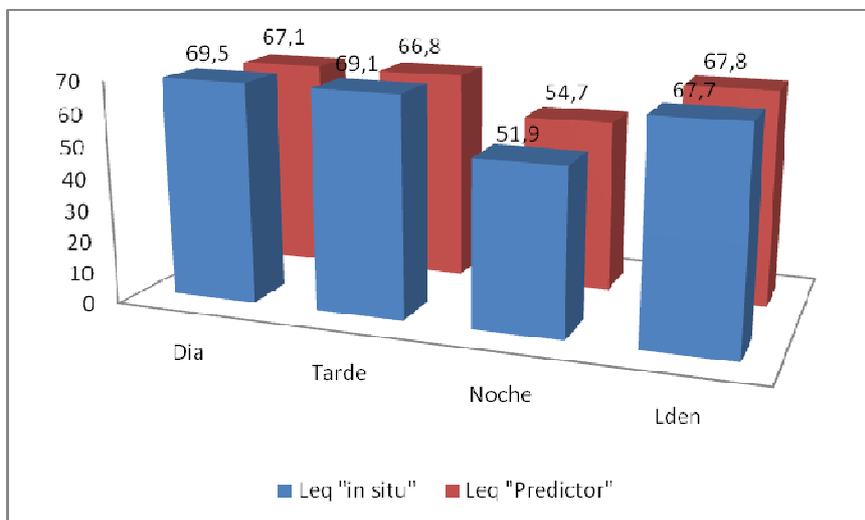
- PUNTO 5

Leq



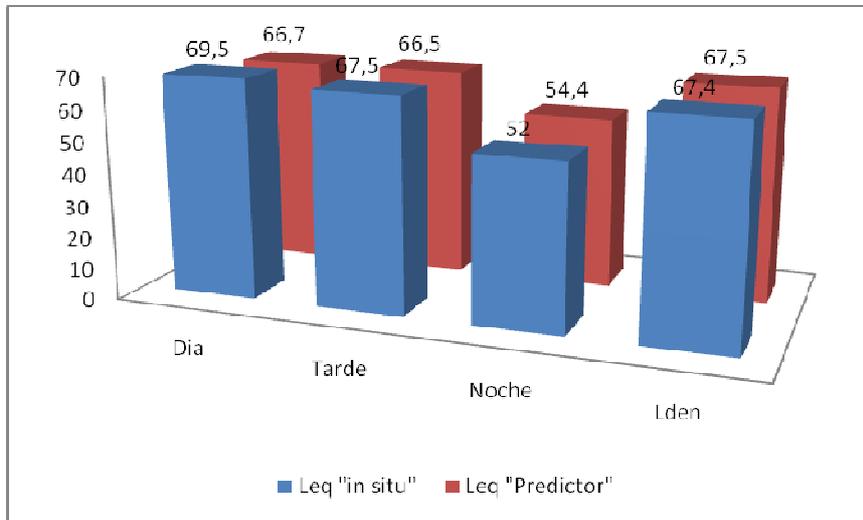
- PUNTO 6

Leq



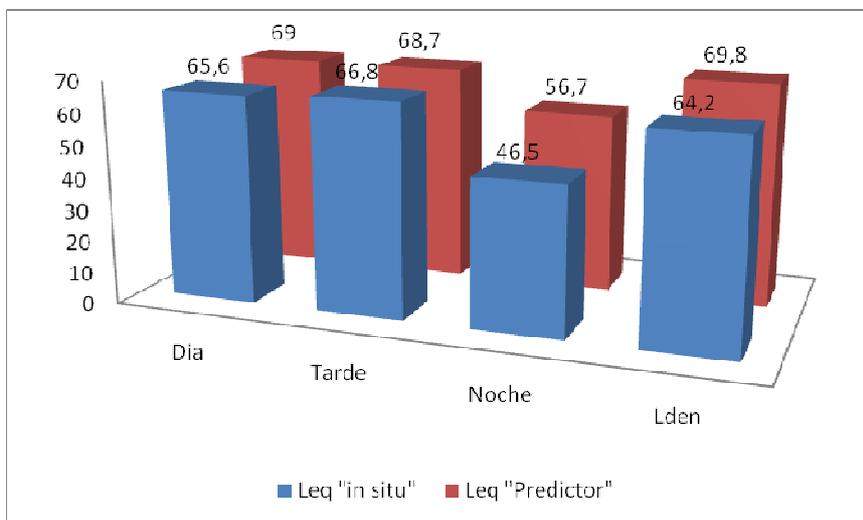
- PUNTO 7

Leq



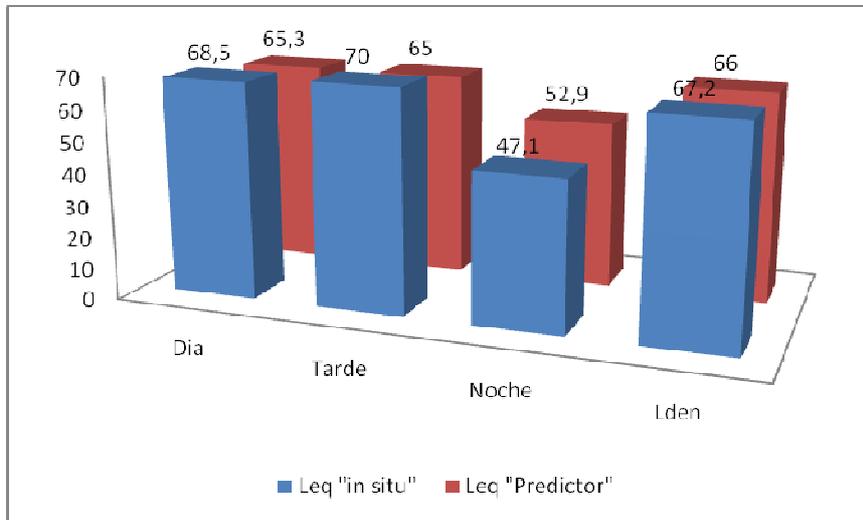
- PUNTO 8

Leq



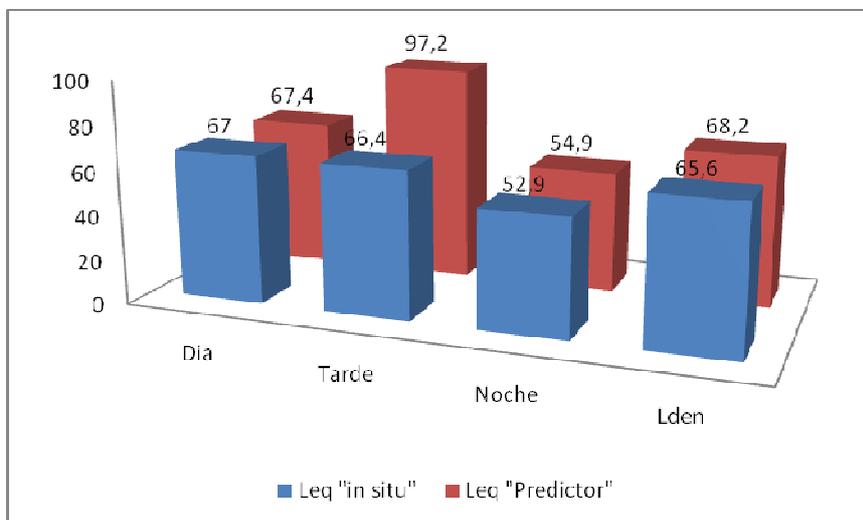
- PUNTO 9

Leq



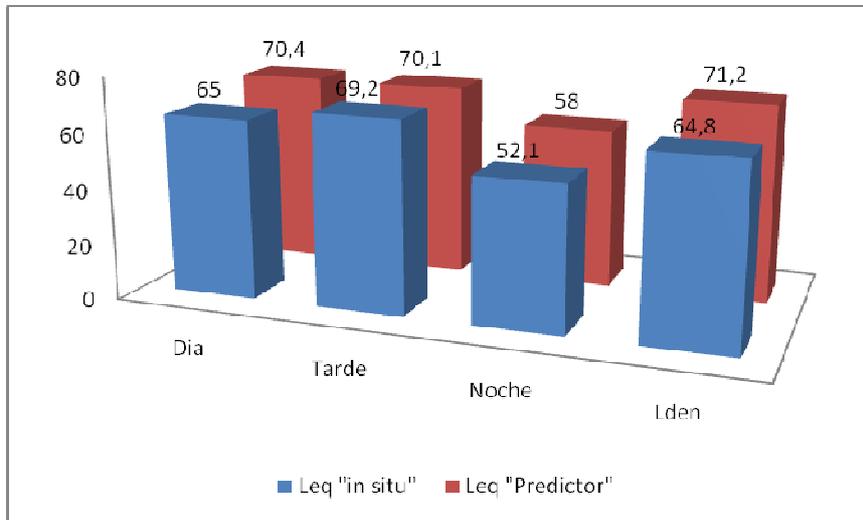
- PUNTO 10

Leq



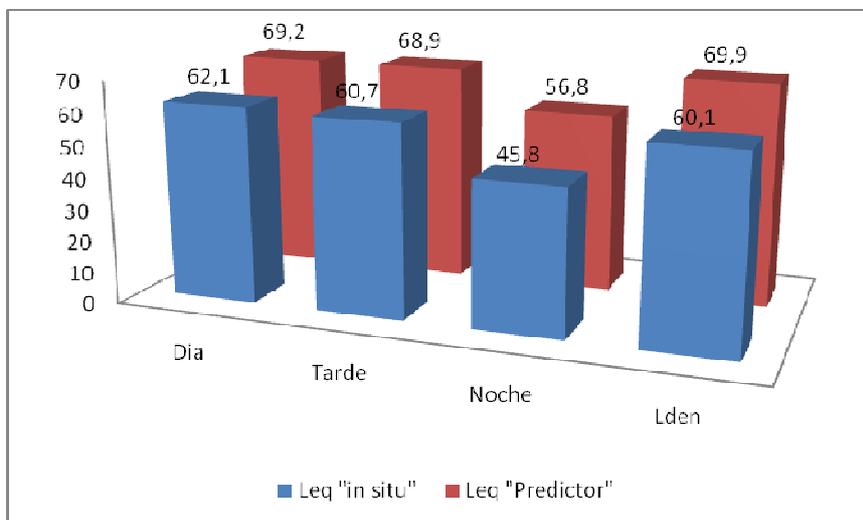
- PUNTO 11

Leq



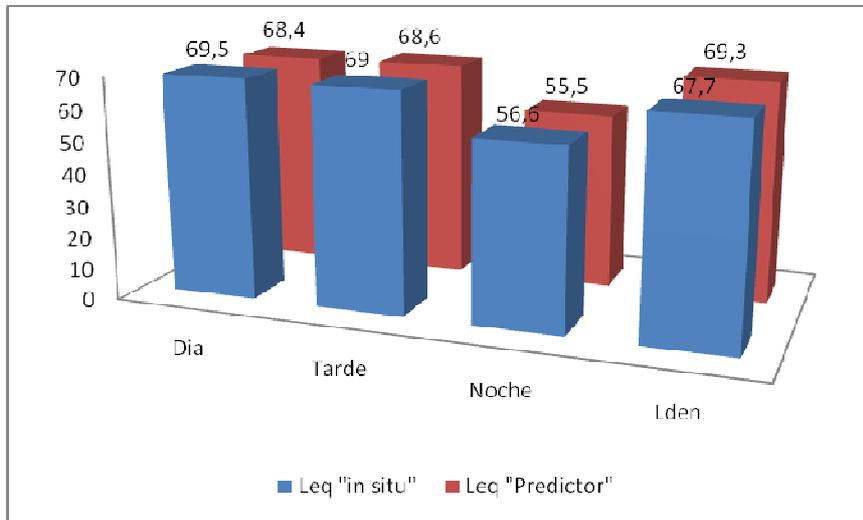
- PUNTO 12

Leq



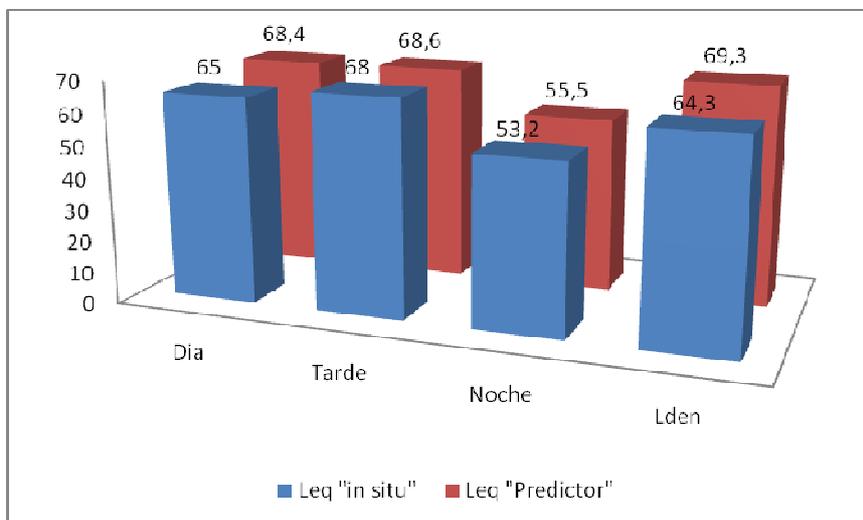
- PUNTO 13

Leq



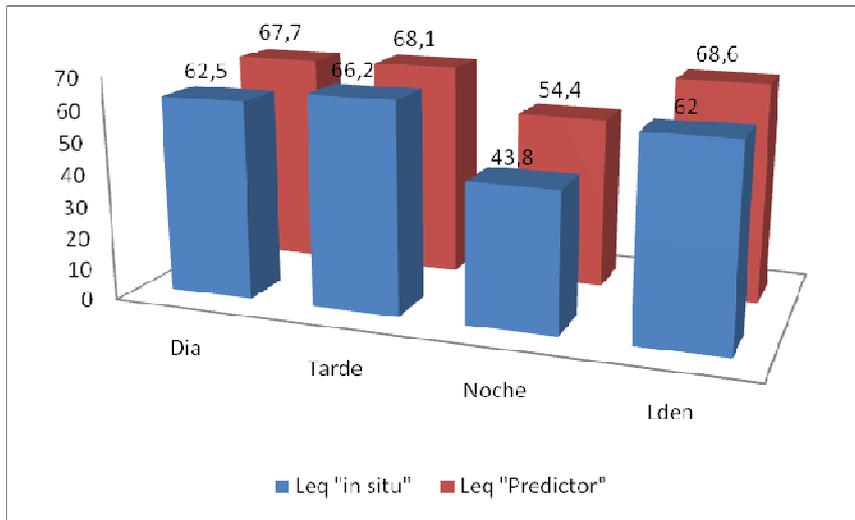
- PUNTO 14

Leq



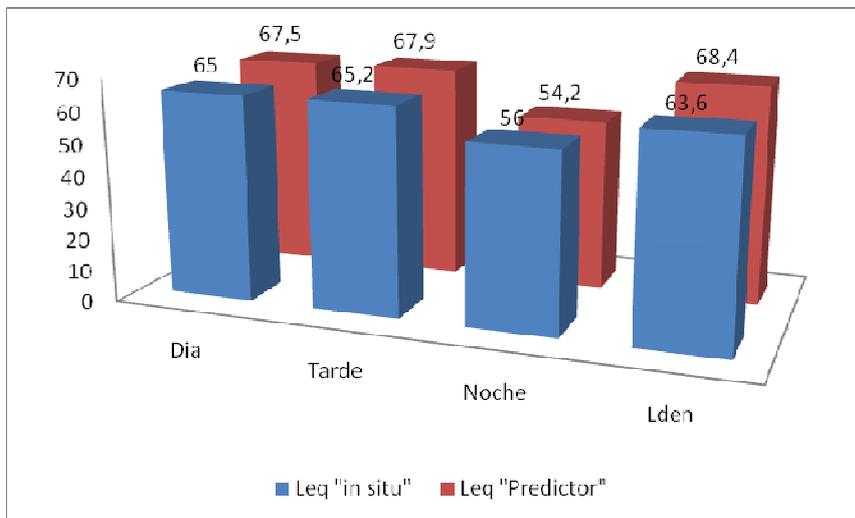
- PUNTO 15

Leq



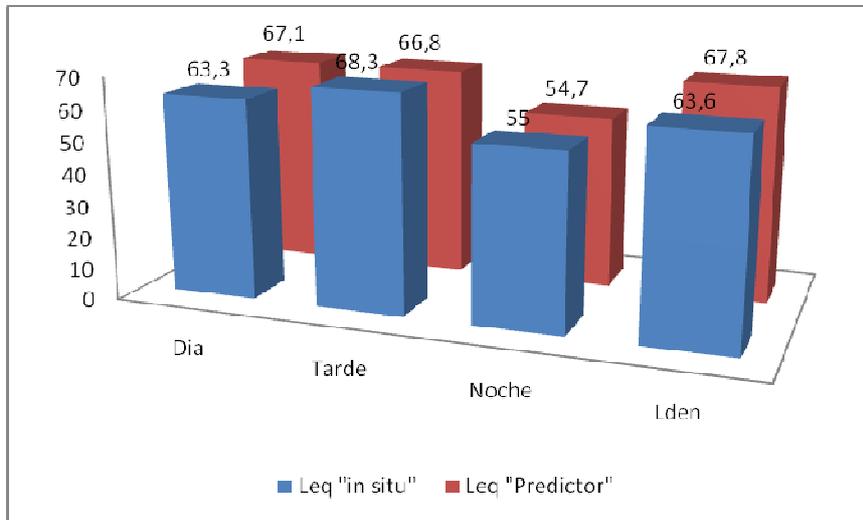
- PUNTO 16

Leq



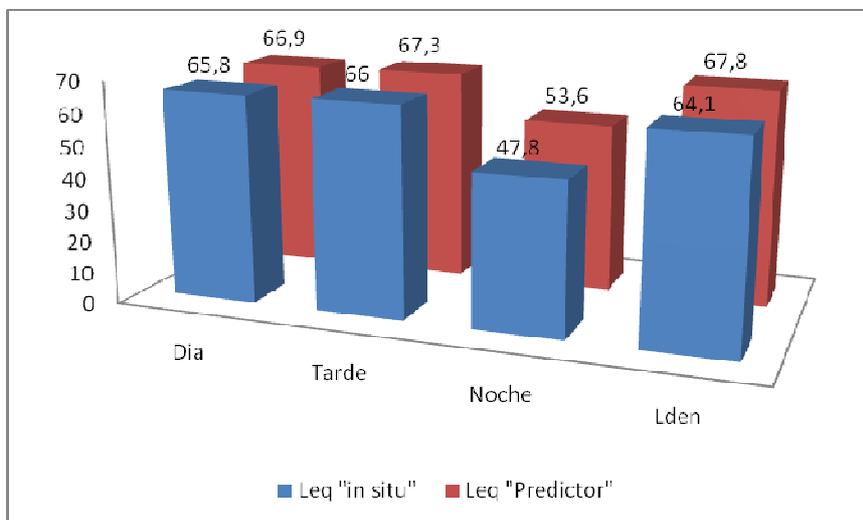
- PUNTO 17

Leq



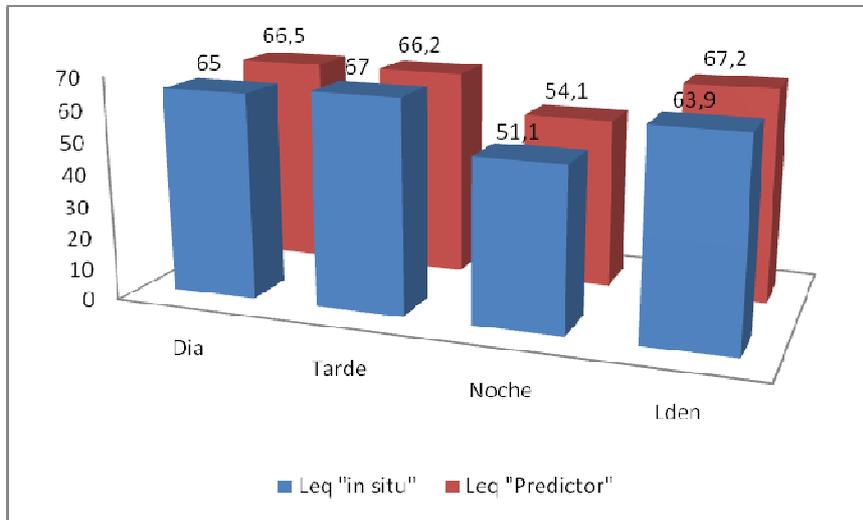
- PUNTO 18

Leq



- PUNTO 19

Leq



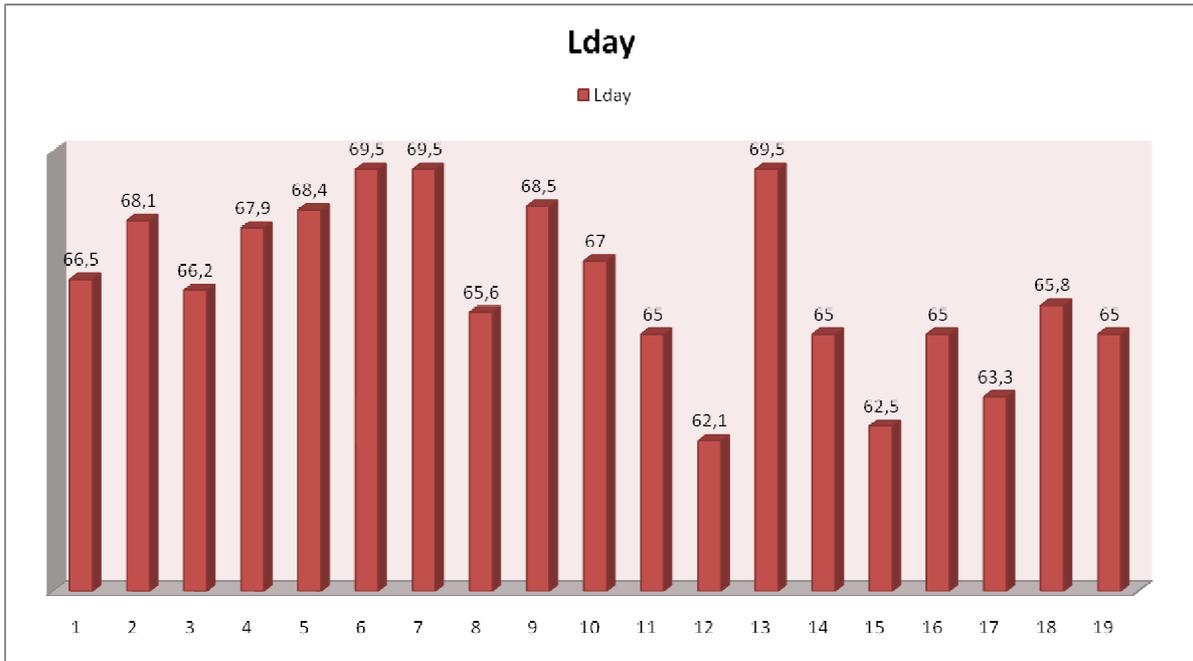
ANEXO IV

REPRESENTACIÓN NIVEL MEDIDO EN CADA FRANJA

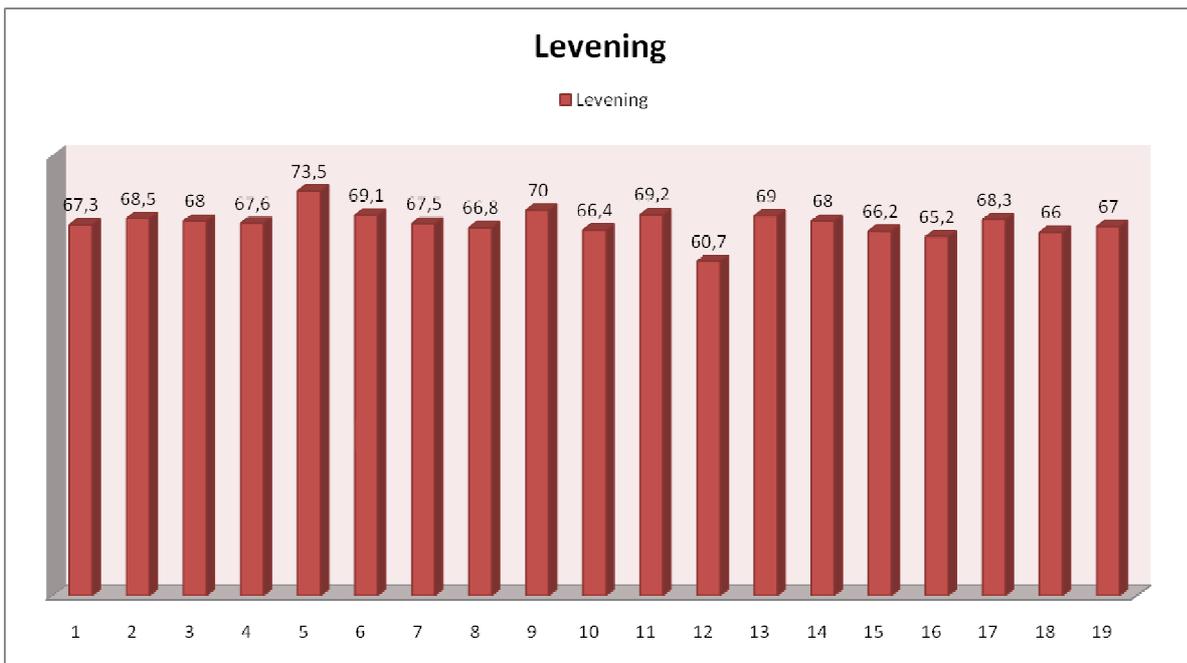
- Mapas sonoros.

En estos mapas se representan para cada franja horaria, el nivel equivalente medio de cada punto.

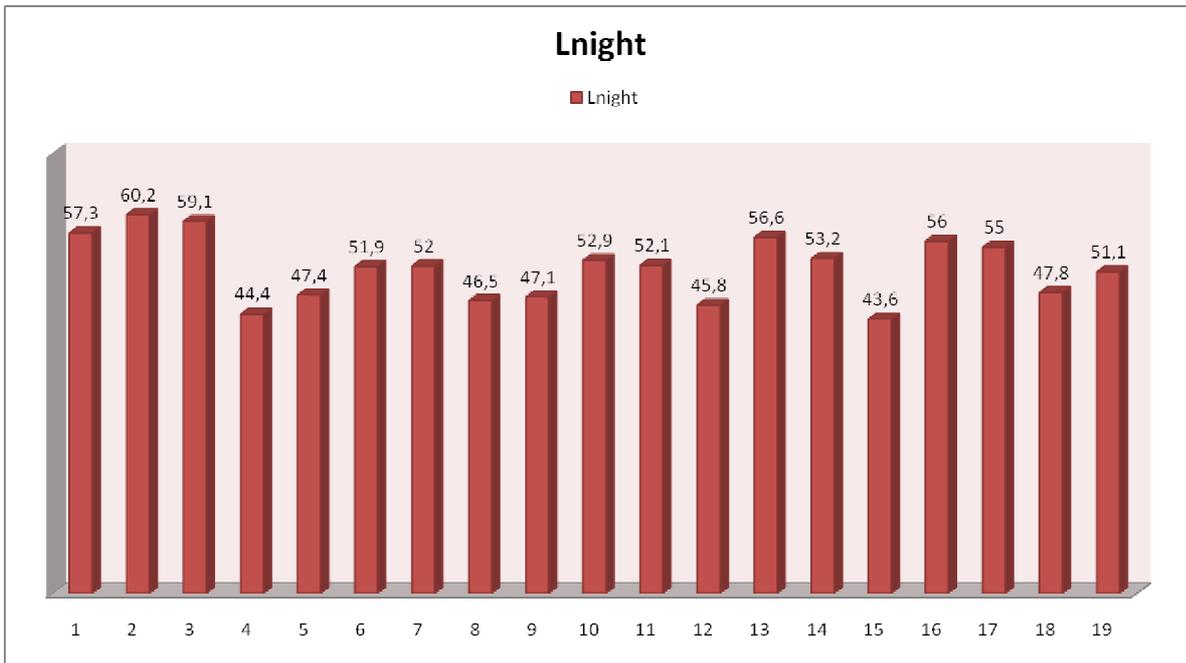
FRANJA 1 (7:00 - 19:00)



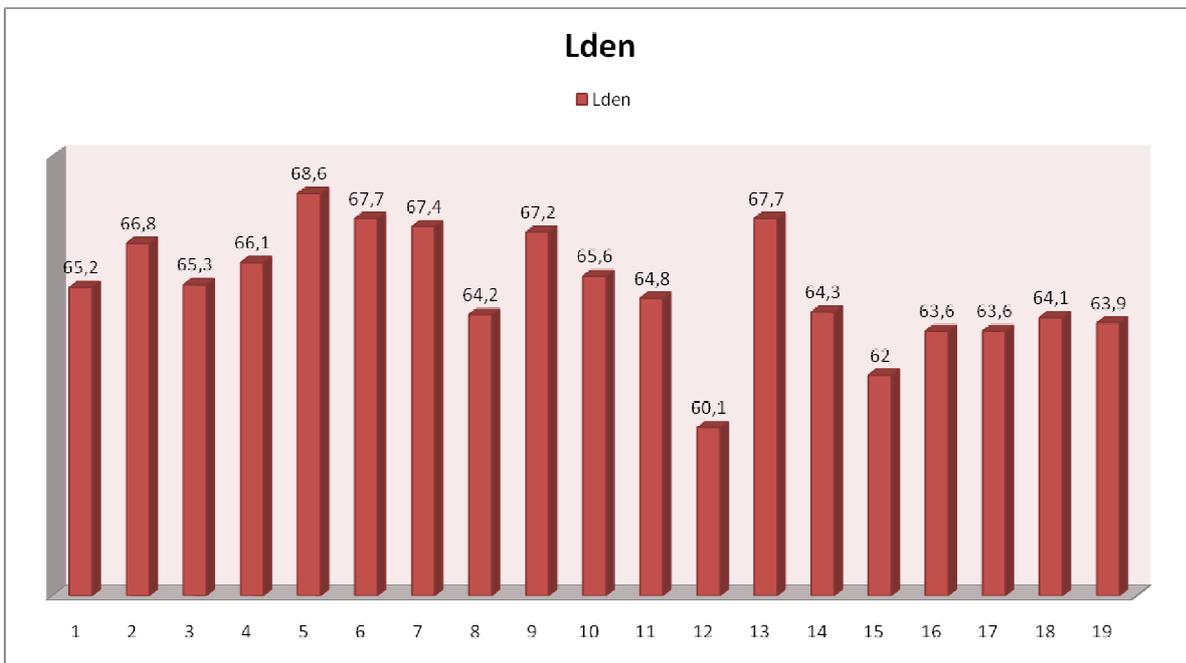
FRANJA 2 (19:00 - 23:00)



FRANJA 3 (23:00 - 7:00)



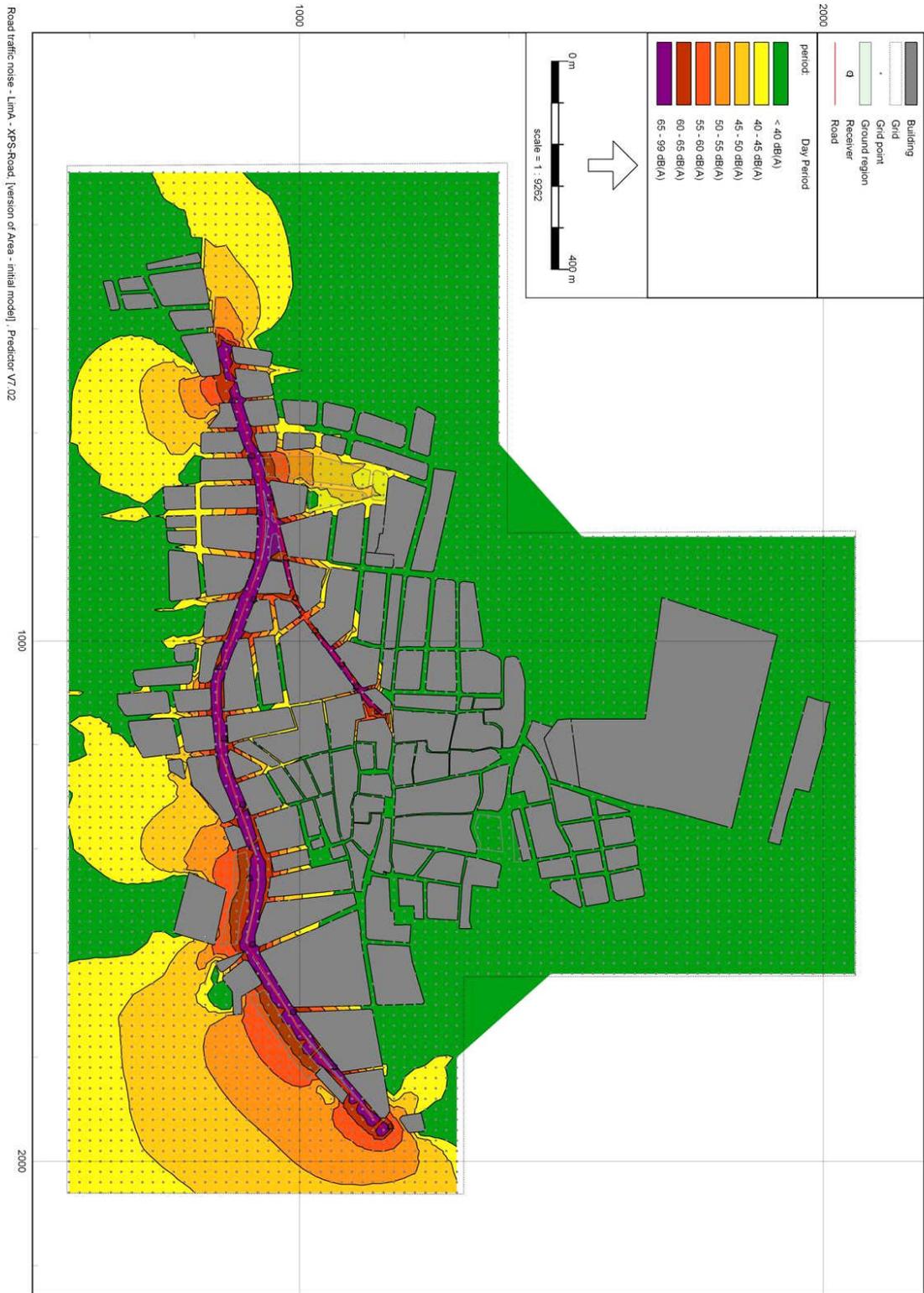
Y por último los niveles equivalentes día-tarde-noche en los diferentes puntos.



ANEXO V

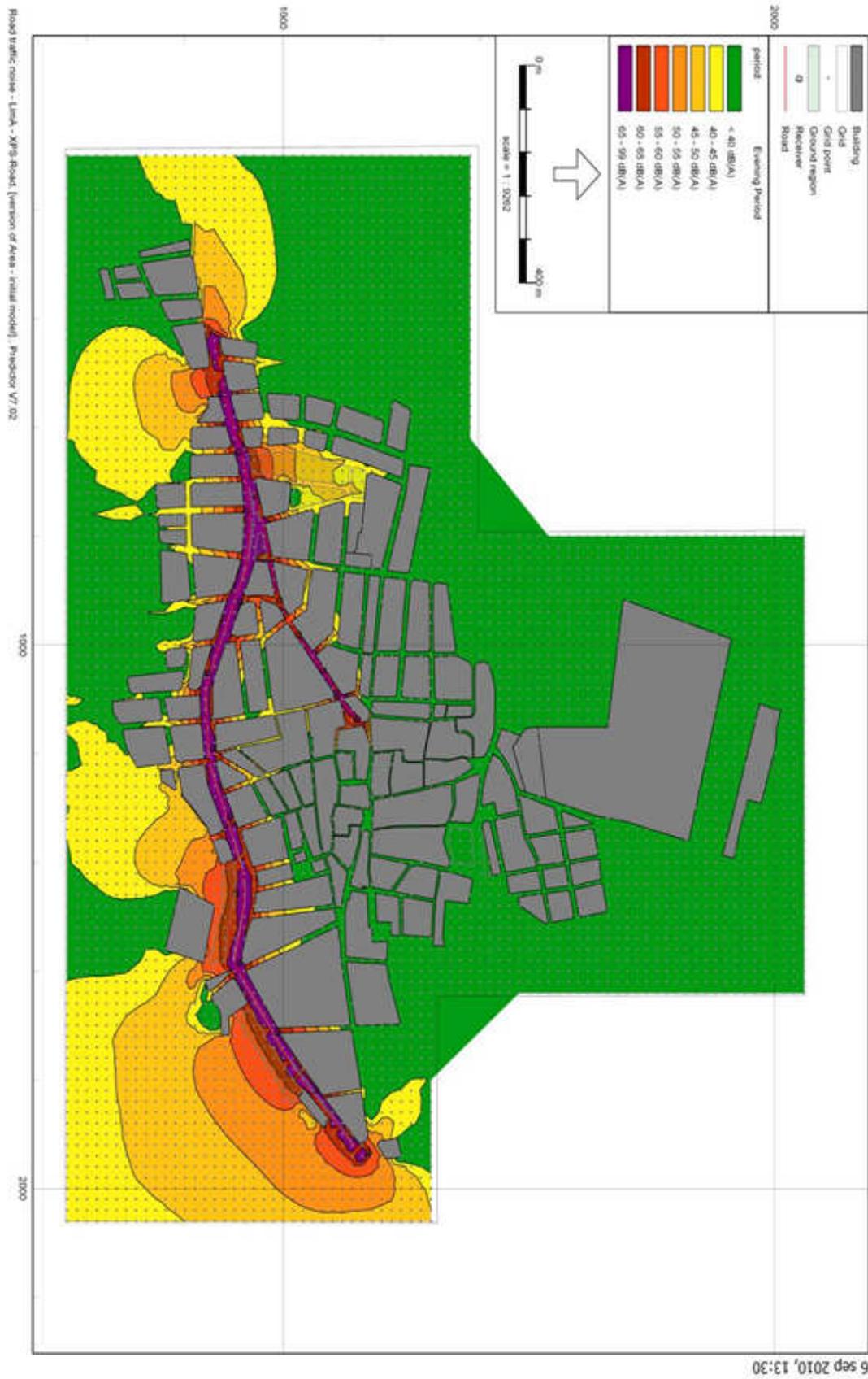
REPRESENTACIÓN MAPAS DE NIVELES

RESULTADO MAPA DE NIVELES DIA

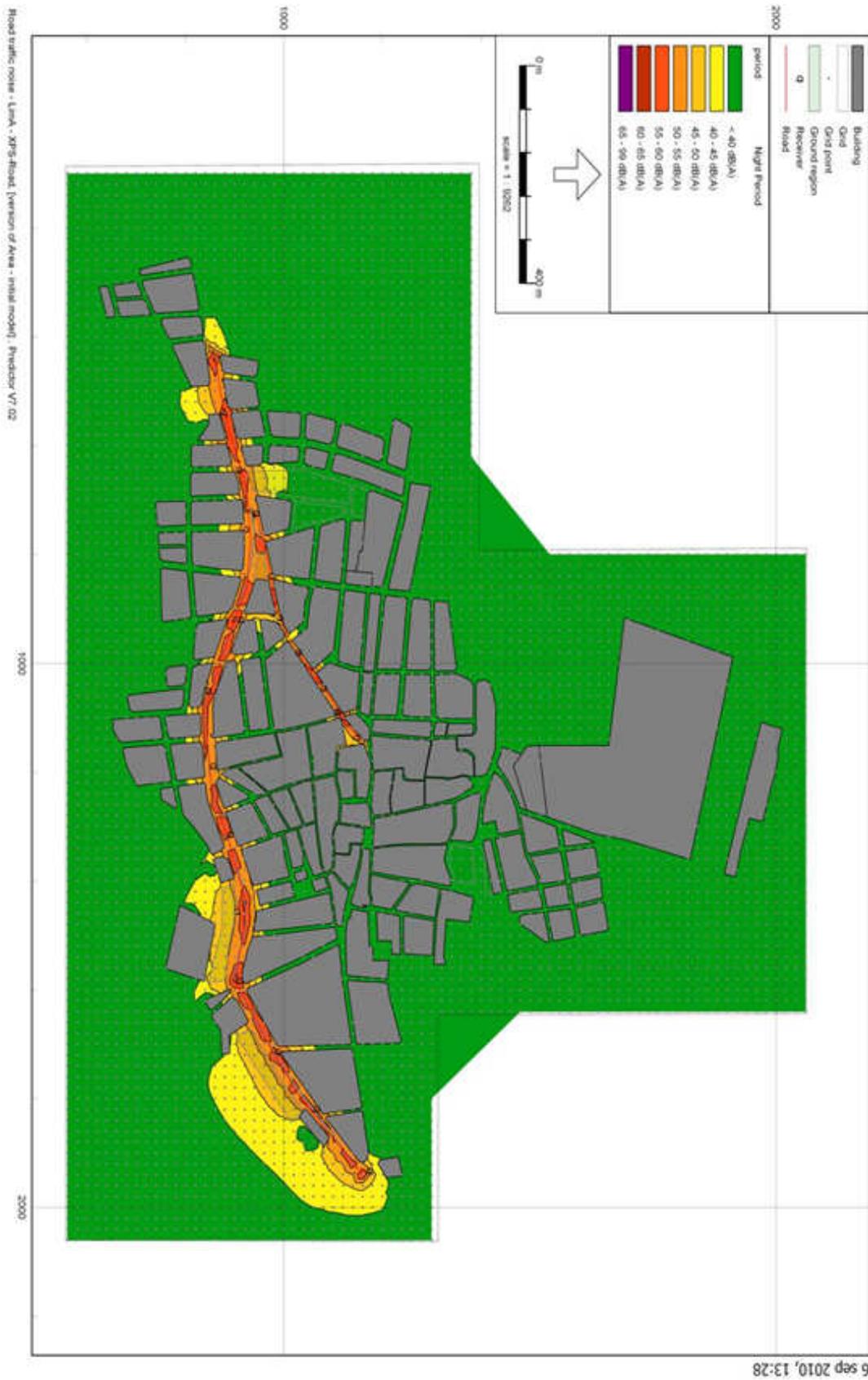


6 sep 2010, 13:31

RESULTADO MAPA DE NIVELES TARDE



RESULTADO MAPA DE NIVELES NOCHE



RESULTADO MAPA DE NIVELES L_{DEN}

Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria

