

# Realización de mapas estratégicos dinámicos:

## APLICACIÓN PARA LA PREDICCIÓN DE LA INCIDENCIA DE UNA FÁBRICA EN SU ENTORNO

*José Elías Arias Puga*  
*Proceso Digital de Audio*  
*e-mail: [pachearias@ecudap.com](mailto:pachearias@ecudap.com)*

PACS: 43.50.Rq

### Resumen:

En los últimos años, desde la publicación del ‘Libro Verde’ de la UE sobre futuras políticas contra el ruido hasta la publicación de la Directiva 2002/49/CE en el 25 de junio de 2002, con las consiguientes transposiciones a las legislaciones nacionales, como ocurre en España con la publicación de la Ley 37/2003 ‘Ley de ruido’, se ha producido una gran motivación, tanto por parte de las Administraciones como por parte de las Empresas, para la realización de nuevos estudios sobre la realidad de la situación medioambiental en materia de ruido, además de en el estudio de nuevas metodologías para la evaluación del ruido ambiental.

Describimos a continuación como la confluencia de la tecnología de la informática en la realización de software capaces de predecir la distribución de niveles de presión sonora utilizando métodos de cálculo recomendados por la Comisión, junto con la realización de mediciones de nivel de presión sonora en tiempo real para poder evaluar la potencia actual de las distintas fuentes que existen en una determinada área geográfica y el uso de las tecnologías de la Telecomunicación dan pie a la aparición de herramientas capaces de dar respuesta no solo a los requerimientos de la ley de ruido sino también a la integración de la gestión medioambiental en materia de ruido dentro de los objetivos de la Sociedad de la Información

### Abstract:

In the last few years, from the publication EU ‘Green Book’ about future policies against noise until the directive 2002/49/CE appeared on July 25<sup>th</sup> 2002, with the resulting transpositions to National Laws, as occurs in Spain with the

publication of Law 37/2003 ‘Ley del Ruido’ (Noise law), the result of this has been that both government authorities as well as the Enterprises have begun to carry out new studies about the problem of environmental noise and also the study of new methods for assessing it.

We describe, below, how the confluence of TIC technologies produces software capable of predicting noise pressure distribution using both the calculation methods recommended by the Commission as well as the real time measures of the sound pressure levels which are sent by using Telecommunication technology to evaluate the current power of the noise sources. The appearance of these tools not only responds to the requirements of the Noise Laws but also to the integration of the environmental noise management within the objectives of the Information Society .

### Introducción:

En los últimos años, desde la publicación del ‘Libro Verde’ de la UE sobre futuras políticas contra el ruido hasta la publicación de la Directiva 2002/49/C en el 25 de junio de 2002, con las consiguientes transposiciones a las legislaciones nacionales, como ocurre en España con la publicación de la Ley 37/2003 ‘Ley de ruido’, se ha producido una gran motivación, tanto por parte de las Administraciones como por parte de las Empresas, para la realización de nuevos estudios sobre la realidad de la situación medioambiental en materia de ruido como en el estudio de nuevas metodologías para la evaluación del ruido ambiental.

Así se desarrollaron proyectos dentro del V programa marco como el HARMONOISE<sup>i</sup>, IMAGINE<sup>ii</sup> o Gipsynoise<sup>iii</sup>, todos trabajando con la perspectiva de la Di-

rectiva que consolida los métodos de predicción como la forma más óptima para la realización de los mapas de ruido necesarios para la evaluación de las situaciones existentes.

Contra la tónica general del uso de elementos de software de predicción, como herramienta única para la realización de mapas de ruido, surge en Madrid el proyecto SADMÁN en el que se propone la combinación de medidas reales frente a la predicción pura ya que, en muchas circunstancias, en las aglomeraciones no se cumplen algunos de los supuestos en los que se basan los modelos de tráfico usados por los software de predicción.

Al mismo tiempo que lo anterior se desarrolla en España el proyecto Gedeon<sup>iv</sup> que participó en la misma convocatoria del V programa marco de la UE, en la que se presentó el Proyecto HARMONOISE, siendo socios del proyecto la UPM, Ericsson España, Proceso Digital de Audio y los Ayuntamientos de Malmö y Benidorm, quedando en una posición por detrás del Harmonoise, proponiendo la Comisión una revisión de acercamiento la cual no llega a producirse por lo que al final el proyecto se realizó sobre el Ayuntamiento de Benidorm, con la participación de la UPM y Proceso Digital de Audio y la financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología a través del Programa PROFIT.

En este proyecto se desarrollaron herramientas para el control y la gestión del ruido en ambientes urbanos, entre ellas cabe destacar un Software denominado TrasguNet, resultado de un contrato de transferencia tecnológica entre Jorge Parrondo de la Universidad de Oviedo y Proceso Digital de Audio, el cual asume directamente el gran problema que tienen todos los software de predicción, este problema es la evaluación de la potencia sonora de las fuentes que se incluyen en el algoritmo que representa el área en la que se quiere predecir la distribución de niveles sonoros.

Tanto los proyectos anteriores como la Comisión han dedicado un gran esfuerzo en definir los mecanismos de propagación y armonizar los métodos de cálculo a incluir en los métodos predictivos para el cálculo de los mapas de ruido, así mismo se han realizado medidas exhaustivas con objeto de la caracterización de los vehículos que componen las distintas flotas que forman los aforos de los tráficos tanto de vehículos por carreteras como ferroviario. Esto lleva a la conclusión de que siempre que conozcamos las fuentes y sus composiciones podremos evaluar claramente sus potencias con las cuales predecir la distribución de niveles en sus entornos.

En estas circunstancias estamos trasladando la precisión de los modelos cálculo usados en los software de predicción a la precisión de la confección de los modelos de distribu-

ción de tráfico en las áreas a estudio. Estos modelos de tráfico son la única manera de tener resultados en los casos en los que la evaluación sea de situaciones futuras, estas situaciones solo pueden ser predichas de esta forma por lo que la cuestión de la precisión se traslada a la experiencia que el 'operador' tenga en la evaluación de la situación futura.

En las situaciones reales donde el tráfico depende del tiempo que haga ese día, de los accidentes que se puedan producir u otras circunstancias que aun siendo conocidas es difícil de saber cuándo y cómo se van a producir, la imprecisión del modelo de tráfico se traslada al cálculo de la distribución de niveles por lo que la precisión de los modelos de cálculo puede venirse abajo.

Son en las circunstancias anteriores, en las que se basa la necesidad de que para conocer y evaluar las situaciones de la acústica medioambiental son necesarios los mapas de ruido realizados por métodos en los que se combine la predicción y la medición para la evaluación de la potencia de las fuentes y la distribución de los niveles generados por ellas.

Esta filosofía es asumida en el desarrollo del software TrasguNET, desarrollado en el proyecto Gedeon, asumiendo los modelos de cálculos recomendados por la Directiva "GESTIÓN Y EVALUACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL". (2002/49/CE) lo expresado en LEY NACIONAL DEL RUIDO (Ley 37/2003) y enumerados por Recomendación de la Comisión de 06/08/03 para ser empleados en los software de predicción para el cálculo de la distribución de niveles sonoros.

El software TrasguNET calcula la distribución de niveles sonoros producidos en áreas geográficas, en función de la topografía del terreno y de las fuentes de ruido existentes en él, actualizando la potencia de las fuentes en función de medidas realizadas sobre el terreno, mediante sonómetros Tipo I o Tipo II que se integran en las redes de vigilancia de los Sistemas de Supervisión Medioambiental en materia de Ruido (SSMmR) de Proceso Digital de Audio dando como resultado la distribución de presión sonora que hubo en el área en cuestión, expresado en nivel equivalente del periodo considerado.

### **Influencia de una fábrica en el ambiente acústico de su entorno.**

Un ejemplo de la versatilidad del empleo de los software que utilizan la filosofía expuesta anteriormente, para la realización de mapas estratégicos sobre zonas en las que existen diversas fuentes con un peso constatado sobre el ambiente acústico de la zona, es el que se describe a continuación.

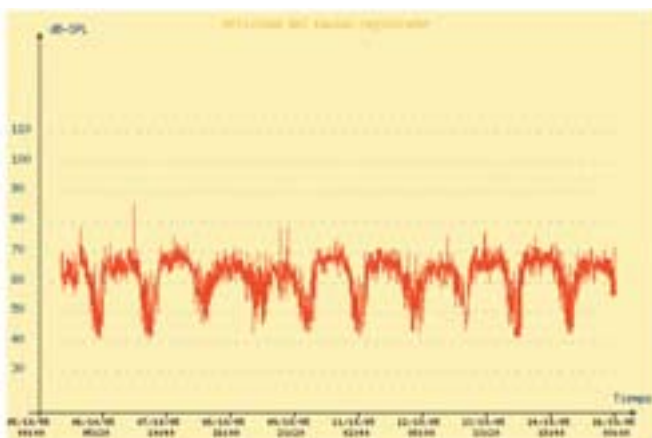
El área en cuestión contiene una industria papelera que incide en su entorno, durante años ha sido causa de múltiples quejas por parte del vecindario, por este motivo el Ayuntamiento de Errentería puso en marcha una serie de medidas para controlar la situación entre ellas cabe destacar:

- la puesta en marcha de un sistema de monitoreo permanente con presentación al público de los resultados a través de la Web Municipal
- La generación del mapa dinámico de ruido en la zona, con la presentación sobre el mismo soporte de la Web Municipal, con la capacidad de presentar de forma independiente la contribución de las distintas fuentes.

Como decíamos en el párrafo anterior en la zona no solo existe la influencia de los niveles generados por la actividad industrial, al contrario en esa zona se soporta una gran carga de tráfico estando atravesada por la línea de ferrocarril que lleva hasta la frontera Francesa y que soporta un alto tráfico ferroviario.

La red de monitorización contiene datos de distintos puntos del entorno de la fábrica desde el año 2001, de todos los puntos monitorizados finalmente se han escogido tres de ellos por la información que nos pueden dar sobre los niveles de emisión debidos a las distintas fuentes:

1. Punto situado en la entrada de Errentería en la Avenida de Navarra, la misma calle en la que más adelante se encuentra la fábrica.



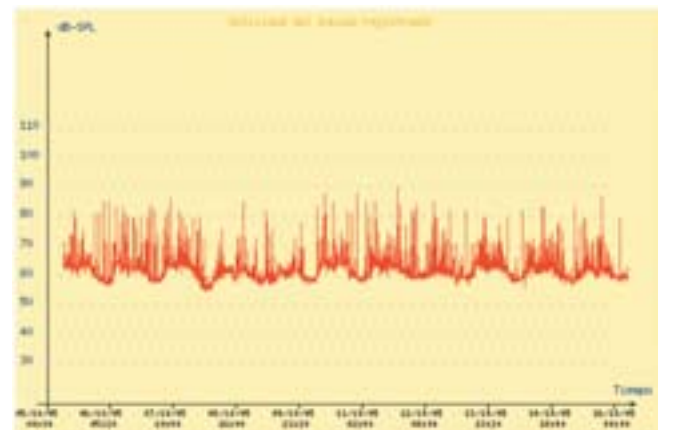
Este punto tiene como principal característica que los niveles que se miden dependen únicamente del tráfico de cuya densidad depende el tráfico que va a discurrir por todo el entorno de la fábrica.

2. El segundo punto esta situado en la calle Mártires de la Libertad, enfrente a la puerta de acceso a la fábrica.



Esta puerta constituye uno de los mayores focos de emisión de ruido el cual depende de la actividad que tenga el proceso productivo en cada momento. Los niveles que se detectan en él dependen de ese ruido emitido por la fábrica y por el tráfico que circula por la calle, el cual hemos determinado por el primer sensor.

3. El tercer punto monitorizado está situado en el alto de la misma calle Mártires de la Libertad cerca de las vías del ferrocarril

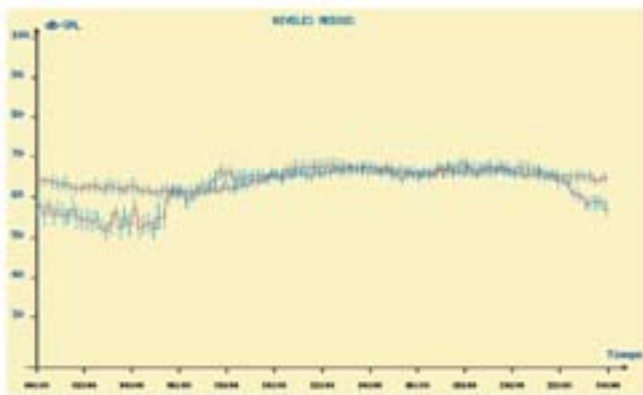


En este en un punto en el que las fuentes que contribuyen al nivel medido son:

- El tráfico rodado
- El tráfico ferroviario
- Otra sección de la fábrica.

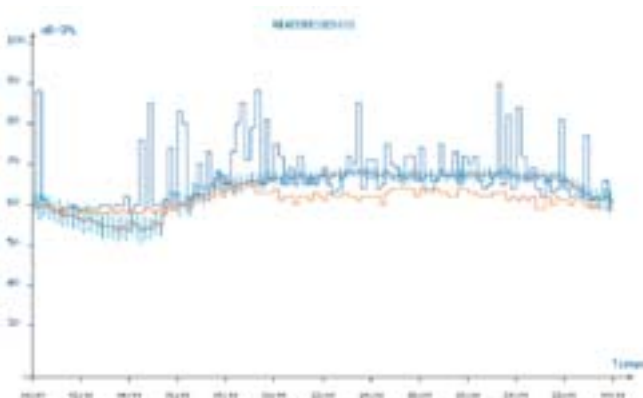
En el primer punto los niveles medidos por el sensor son debidos al tráfico, en él vemos que las evoluciones diarias son muy parecidas, con periodos claros de noche día y con niveles muy parecidos a las distintas horas de los distintos días

En la siguiente figura que representa los niveles medidos a la puerta de la fábrica vemos que los niveles tienen una evolución diaria parecida al sensor de tráfico pero aquí la caída existente en los periodos de noche del sensor de tráfico están limitados por una fuente que impide que los valores bajen y por alguna otra que eleva de forma desproporcionada el nivel esperado para el ruido de tráfico, esto nos hace suponer que podríamos separar los valores debidos al tráfico en función de los valores medidos en el sensor de tráfico y que el resto de los valores son producidos por la fábrica.



Comparación entre el día medio del periodo de un mes del sensor de tráfico y el situado en la fábrica

Por último la representación de niveles del tercer punto son los valores medidos por el tercer sensor, se destaca la existencia de unos niveles mucho más altos de corta duración y que corresponderán al paso de los trenes, tenemos también una forma inducida por el tráfico y un valor limitativo de los periodos noche que seguramente corresponde al proceso productivo existente en la fábrica.



Comparación entre los Percentiles L05 y L90 de un día en el punto de medida número 3 con el día medio de un periodo largo medido en el punto 1, el L90 tiene afección clara, que no es debida al ruido de tráfico en el periodo nocturno al avanzar el día el L90 sube con el ruido de tráfico. EL L05 parece afectado solo por el paso de los trenes.

Tenemos pues tres medidores por medio de los cuales obtenemos niveles que aparentemente pueden ser atribuidos a las tres fuentes existentes y que debido a las condiciones en las que realizamos las medidas pueden ser separables.

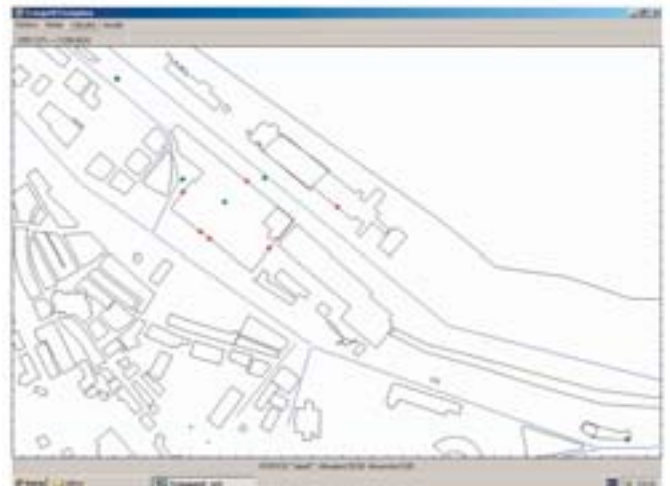
Para realizar las simulaciones de predicción recurrimos al software TrasguNET, el cual nos permitirá evaluar la potencia de las fuentes sonoras en función de los niveles medidos.

Lo primero será la realización del modelo geográfico para lo cual realizamos la entrada de los mapas topográficos mediante ficheros DXF, realizando ajustes de los mismos de forma manual introduciendo alturas de edificios absorciones de fachadas etc, sobre ellos se marcan y caracterizan las fuentes ruidosas asumiendo:

- fuentes lineales
- fuentes puntuales
- fuentes encerradas en recintos
- planos radiantes.

Estas fuentes son caracterizadas de manera que se pueda evaluar su potencia sonora para lo cual se utiliza el método inverso de predicción (conocido el nivel producido en un punto se evalúa la potencia sonora de la fuente).

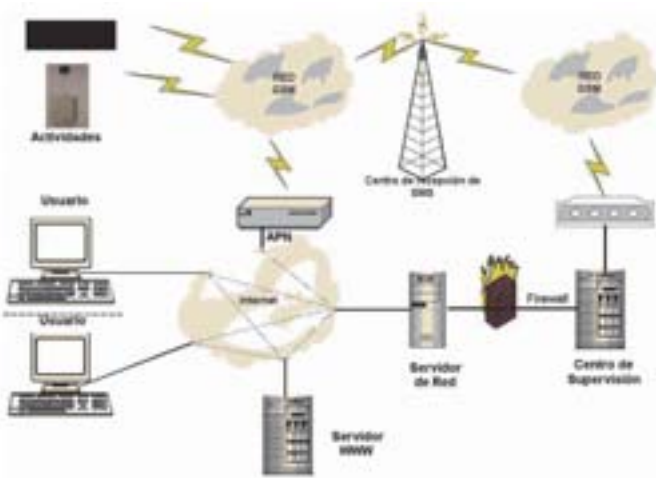
Como salida de la aplicación tenemos los niveles equivalentes del periodo calculado sobre la rejilla de cálculo representados de forma gráfica en formato jpg o bmp, los resultados se presentan también en ficheros txt o xls con las coordenadas del punto y el nivel calculado a las distintas alturas. Para servir de enlace con otras aplicaciones de representación geográfica.



Vemos la representación de la zona con sus fuentes y la ubicación de los sensores de medida.

Una particularidad del software TrasguNet, es que se pueden usar sensores reales y sensores virtuales, estos sensores tienen la particularidad de que vistos desde la aplicación, sus valores son tomados como valores medidos pero en realidad son valores calculados de los obtenidos por otro sensor o sensores y asignados específicamente a una determinada fuente.

En nuestro caso existen tres sensores reales que están midiendo continuamente Leq un minuto los cuales son enviados al centro de supervisión mediante la red SSMmR, todas las medidas son guardadas en las bases de datos. Cuando un usuario requiere información el sistema toma los datos contenidos en las bases y elabora los resultados, para el caso de los mapas dinámicos se trabaja con niveles equivalentes seis minutos por lo que los niveles medidos son agrupados para obtener el Leq de seis minutos.



Red SSMmR

en el caso que se describe tenemos tres sensores virtuales que se aplican a:

- La conocida maquina 5 situada en la parte norte al otro lado de la vía del ferrocarril simulada por un cubo que emite por cuatro caras. El valor de este sensor se obtiene del L90 ( del periodo sobre el que se calcula el mapa una hora como mínimo) de la serie de niveles medidos por el sensor número tres al que se le resta la contribución del ruido de tráfico calculado usando los valores del sensor número 1 menos una constante K
- La evaluación de la actividad de la industria la cual emite a través de planos radiantes colocados en las fachadas de la fábrica y que se ven en la gráfica como

puntos rojos, el nivel interior de la actividad se evalúa de los niveles de los medidos por el sensor número dos menos la contribución del tráfico rodado calculado de los valores del sensor nº1 menos otra constante K2

- La evaluación del tráfico ferroviario que se aplica a las fuentes lineales que representan las vías del ferrocarril. Los valores de este sensor virtual se calculan de los valores del sensor número tres al que se le resta la contribución del trafico y se filtra la serie de forma que toman valores:

$$(L90 - 20) \text{ si valor real del sensor 3} < L90 + 10$$

$$\text{valor real si valor real del sensor 3} > L90 + 10$$

Estos valores son integrados en el periodo para obtener el nivel equivalente para asignar potencia a la fuente.

El modelo una vez calculado es capaz de representar la distribución niveles en el área diferenciando las tres diferentes fuentes y el mapa total en su caso, con lo que se obtienen los mapas estratégicos de cada una de ellas.

Los resultados de esta modelización se encuentran en:

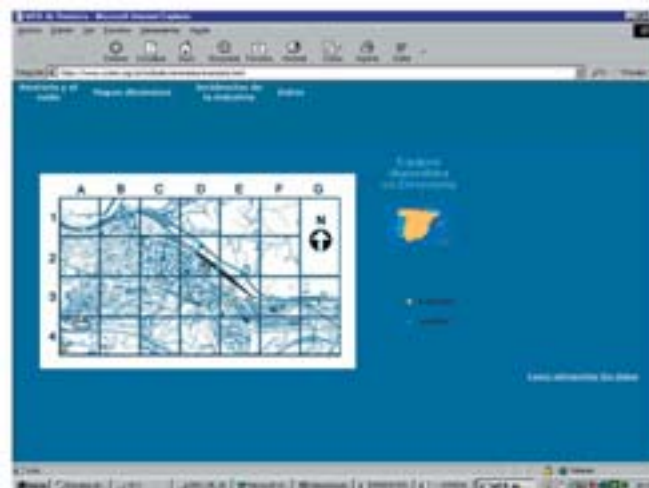
<http://www.errenteria.org/index2-localidad.html> en el apartado “mapa sonoro”

o bien:

<http://www.elruido.com/> pinchando en “contenidos” “Errenteria”

Ambas direcciones encaminan a la Web segura :

<https://www.ssmmr.org/actividades/errenteria/errenteria.html>



En ella tenemos acceso a los valores de los sensores reales y en pestaña de 'incidencia de la industria' podemos solicitar los distintos mapas:

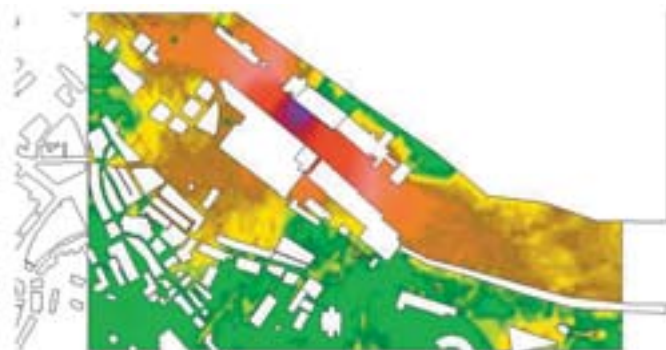
1. **Mapa de incidencia de la fábrica** Es la distribución calculada para el ruido debido al funcionamiento de la fábrica.
2. **Mapa de incidencia del Tráfico rodado:** Es la distribución calculada del ruido debido al tráfico rodado
3. **Mapa de incidencia del Tráfico ferroviario:** Es la distribución de niveles debida al paso de los trenes
4. **Mapa de Ruido existente en la zona:** Es la distribución calculada para el conjunto de todas las fuentes

Y de cada uno de ellos se puede solicitar los distintos mapas calculados, los cuales se realizan para periodos mínimos de 1 una hora. Siendo el resultado la distribución de Niveles Equivalentes para el periodo de tiempo solicitado:

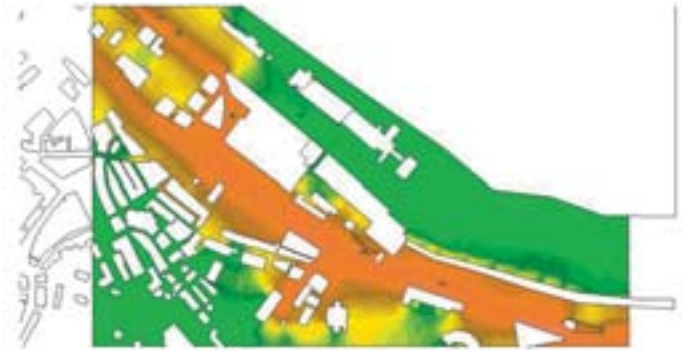
- Mapas de una hora en cualquier día
- Mapas de mañana tarde y noche, en cualquier día o conjunto de días
- Mapas de  $L_{DEN}$  para cualquier período

Los resultados son enviados por correo electrónico al solicitante.

Ejemplos de estos mapas son:



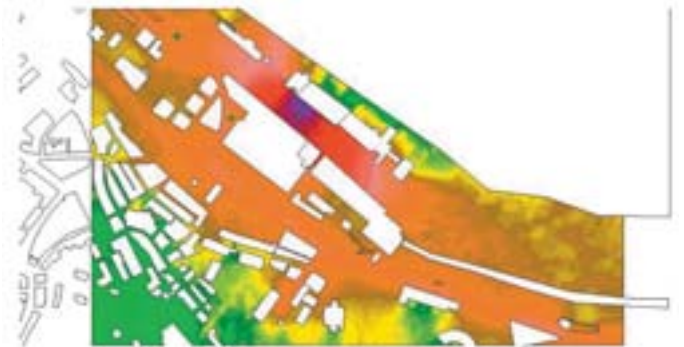
mapa de incidencia de la fábrica realizado para a la altura 4mts del día 05/09/05-04h.



mapa tráfico rodado del día 05/09/05-04h.



mapa tráfico ferroviario del día 05/09/05-04h.



mapa conjunto ruido existente realizados para a la altura 4mts el día 05/09/05-04h.

Conjuntamente se envía un fichero con las coordenadas de la malla de cálculo con los valores calculados a las alturas 4, 8 y 20 mts. El cual puede ser exportado para entrar los datos a cualquier sistema de GIS.

### Ajuste del modelo

Los valores obtenidos por el modelo han sido comprobados y ajustadas las constantes K y K2 hasta encontrar la coincidencia entre los valores medidos y calculados.

Para establecer el ajuste del modelo y la vigilancia de su vigencia se han seleccionado cuatro puntos, dos en la zona de las vías de ferrocarril, uno enfrente de la maquina 5 otro suficientemente alejado para estar más afectado por la fuente ferrocarril que por la Industria, y otros dos en la fachada de la industria al lado de la ría, de forma que coinciden geográficamente con cuatro puntos que pertenecen a la malla de calculo.

En esos puntos se realizan campañas de medida de niveles equivalentes una hora, los cuales son comparados con los niveles equivalentes calculados en los mapas solicitados a esa hora, en la campaña de medidas se tiene en cuenta unas franjas horarias tales que algunas de las fuentes tengan actividad baja, madrugada para tráfico tanto rodado como trenes.

## Conclusiones

Hemos descrito de forma somera, como utilizando una combinación entre métodos basados en software de predic-

ción y medidas sobre el terreno se pueden realizar mapas dinámicos de ruido con precisión suficiente y lo que es más importante controlada, que sirven para conocer la realidad de la distribución de niveles en áreas geográficas debidas a distintas fuentes que son fácilmente distribuibles a los ciudadanos en general y personal cualificado e interesado en particular, de forma que se puede dar cumplimiento a lo expresado en la Directiva de la UE y en la ley del Ruido, en lo referente al conocimiento y divulgación de la situación acústica de los territorios y lo que es más importante a la vigilancia de las características de las zonificaciones a las que nos obliga la ley, ya que aparentemente todo PGOU lleva incluida una zonificación, sin olvidar que es una muy buena ayuda para la vigilancia y comprobación de la eficacia de los planes de acción.

Se ha obviado en la presentación de los datos de las medidas de ajuste y el estudio de los posibles errores que se cometen, por razones de extensión en la publicación, encontrándose a disposición de los posibles interesados en la misma Web donde se encuentra el mapa.

---

<sup>i</sup> <http://www.harmonoise.org/>

<sup>ii</sup> <http://www.imagine-project.org/>

<sup>iii</sup> <http://www.gipsynoise.org/english/index.htm>

<sup>iv</sup> <https://www.ssmmr.org/Actividades/Benidorm/Benidorm.html>

# Su proveedor en Acústica e Higiene Industrial



DISTRIBUIDOR DE



**Larson Davis**

- Analizadores de ruido
- Dosímetros
- Software
- Monitores de vibraciones



- Accesorios para acústica de edificios



[www.vertex.es](http://www.vertex.es)

TELS: Barcelona 93 223 33 33 · Madrid 91 324 00 14 · Bilbao 94 447 19 99 · Valencia 96 135 21 91 · Vigo 986 70 00 72  
FAX: 93 223 22 20 · [vertex@vertex.es](mailto:vertex@vertex.es) · S.A.T. Asistencia Técnica 902 19 97 92



# La línea más completa en software de



## Predicción Acústica

**Soluciones a sus necesidades en acústica ambiental, industrial y arquitectónica, acordes con la normativa vigente**

**Ponemos a su alcance las herramientas más avanzadas en el campo de la modelización acústica:**

**Predicción y control del ruido ambiental en pequeñas y grandes ciudades producido por:**

- ◆ Tráfico
- ◆ Industria
- ◆ Ferrocarril
- ◆ Aeropuertos
- ◆ Mapas de población expuesta al ruido
- ◆ Optimización de medidas preventivas y/o correctoras

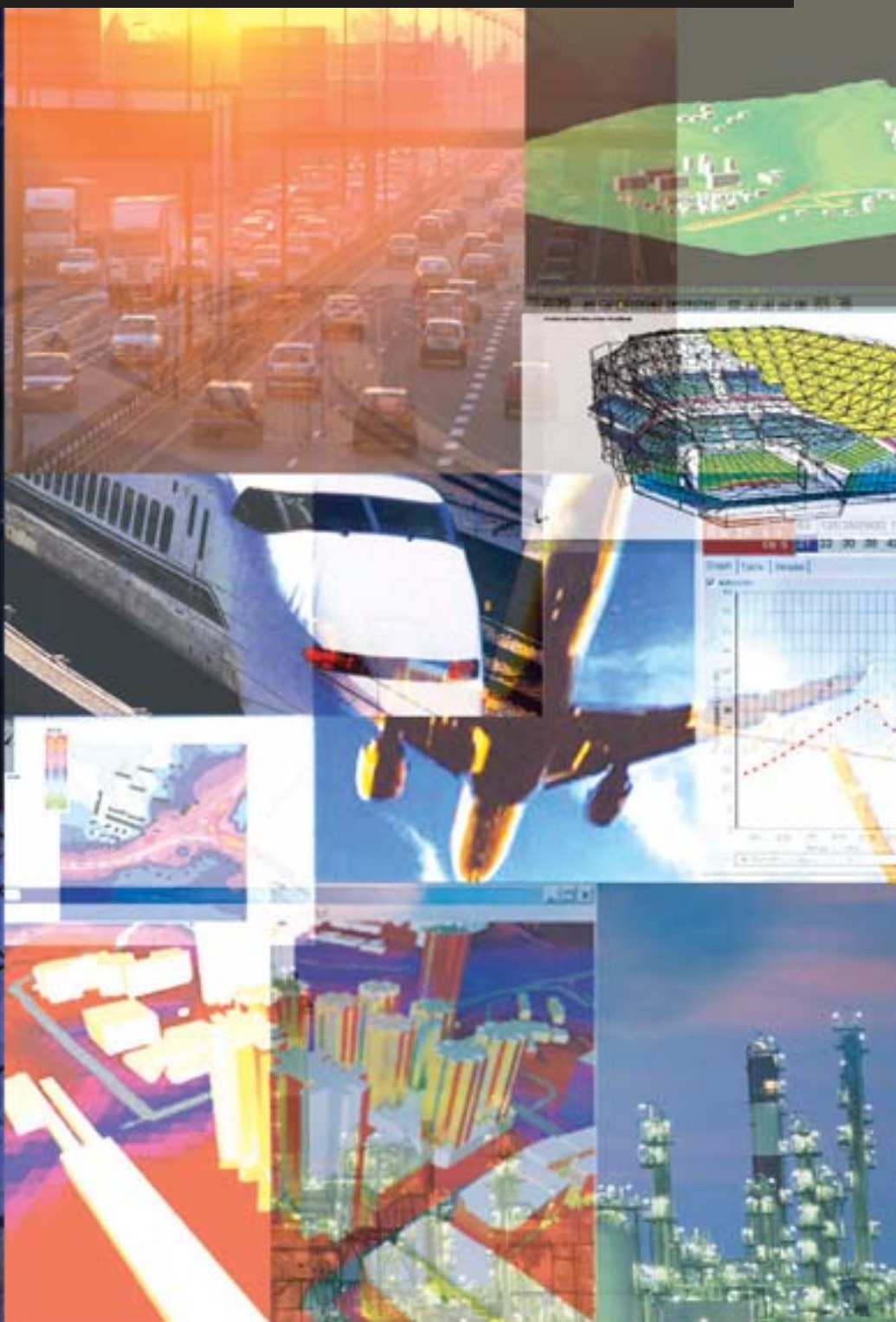
**Acústica Industrial:**

- ◆ Ruido transmitido por máquinas
- ◆ Evaluación de soluciones acústicas en fábricas

**Aislamiento y acondicionamiento acústico de salas:**

- ◆ Cálculo de predicción de aislamiento de materiales
- ◆ Cálculo de tiempos de reverberación, claridad, espaciosidad, etc.
- ◆ Diseño acústico de salas de concierto
- ◆ Auralización de eventos sonoros.

**Modelización avanzada:  
Creación de paisajes sonoros 3D (sonido binaural).**



MADRID. Tel. 91 567 9700  
BARCELONA. Tel. 93 459 4250  
ZARAGOZA. Tel. 976 200 969  
LISBOA. Tel. 21 421 7472

[www.alava-ing.es](http://www.alava-ing.es)  
[alava@alava-ing.es](mailto:alava@alava-ing.es)



E201612

# Acústica ambiental

- Sonómetros
- Analisadores de ruído e vibrações.
- Sistemas de medida de isolamento acústico.
- Sistemas multicanal para acústica avançada.
- Micrófones e transdutores.
- Software de simulação, predição e mapas de ruído.

01dB

G.R.A.S.

HEAD ACOUSTICS

RION



LISBOA  
Tel. 21 421 74 72

MADRID  
Tel. 91 567 97 00

BARCELONA  
Tel. 93 459 42 50

ZARAGOZA  
Tel. 976 20 09 69

[www.mra.pt](http://www.mra.pt)  
e-mail: [mra@mra.pt](mailto:mra@mra.pt)