

# VIB $\alpha$ OACÚSTICA



**I C  $\alpha$**

Ingeniería para el Control del Ruido



---

“Es preferible una respuesta aproximada a la pregunta correcta, a menudo imprecisa, que una respuesta exacta a una pregunta incorrecta que siempre podrá precisarse tanto como queramos”

*John W. Tukey*

**Preguntas correctas llevan a respuestas correctas**

“No tengo por qué jurar fidelidad a las palabras de ningún maestro”

*Horacio*

**Lo positivo de un problema sin solución aparente es el placer que produce encontrarla**

“Yo defiendo que la simbiogénesis es el resultado de la convivencia a largo plazo y que es la principal fuente de innovación evolutiva en todos los linajes de organismos superiores no bacterianos.

*Lynn Margulis*

**Una comunicación fluida constituye la base para seguir progresando**





**HISTORIA**



## HISTORIA

ICR es una empresa dedicada a la resolución de problemas de ruido y vibraciones.

Fundada en el año 1995 por personas con una larga experiencia en el mundo de la acústica, ICR siempre ha estado involucrada en numerosos proyectos de envergadura y de gran alcance tecnológico, tanto a nivel nacional como internacional.

El equilibrio profesional entre los componentes de la empresa, comporta que en el momento de abordar un problema exista una perfecta simbiosis entre el conocimiento teórico y el punto de vista más pragmático del tratamiento de los datos experimentales. Al mismo tiempo, el espíritu de la empresa es eminentemente práctico, dando respuestas concretas a problemas reales, tanto en métodos de análisis como en diseño de soluciones.

Gracias a su experiencia, la metodología se aplica con éxito en un abanico extenso y muy variado de sectores.

## TEORÍA Y ENSAYOS, COMBINACIÓN ÓPTIMA

Durante largos años de desarrollo y aplicación de métodos propios, ICR ha insistido siempre en la importancia de incluir ensayos reales en sus estudios. La razón de ello es que la experimentación permite captar la realidad conociendo directamente los problemas que se tratan, mientras que la teoría posibilita la comprensión de la realidad captada y establecer así, modificaciones que resulten efectivas.

Es por este motivo que las inversiones más importantes de la empresa se realizan, por un lado, en tecnología para disponer siempre de la metodología más avanzada, y por el otro, en formación continua de su personal.

## RUIDO Y VIBRACIONES

En ICR, hablar de ruido es hablar de vibraciones y viceversa, ya que la vibración de un elemento genera ruido, y el ruido, al tomar contacto sobre una superficie, genera vibraciones. Sólo un estudio simultáneo de ambos fenómenos hace comprensible el problema, y permite encontrar la solución.



Analizador FFT 32 canales

## MEDIDAS EN TIEMPO REAL

ICR dispone de hasta un total de 112 canales de medida simultáneos de ruido y vibraciones con los acelerómetros y micrófonos necesarios. Todos ellos analizan la señal en función de la frecuencia y en tiempo real, pudiendo analizar espectros, funciones de transferencia, coherencias...

El control simultáneo de una gran cantidad de puntos de medida hace posible la realización eficiente de los ensayos necesarios para diagnosticar las soluciones de los problemas vibroacústicos reales.

Por otra parte, los trabajos diarios de la empresa implican tener de una gran cantidad de instrumentos técnicos como sonómetros, micrófonos, acelerómetros, analizadores de espectros, etc., con el propósito de poder realizar todos los proyectos, ya sean grandes o pequeños.





**SECTORES**

## FERROVIARIO

Esta última década, ICR ha conseguido una posición relevante en el sector ferroviario gracias a la utilización de sus técnicas de previsión, las cuales se basan en medidas reales y en la aplicación de esquemas teóricos propios.

Además, la empresa tiene la capacidad de tratar tanto el ruido aéreo como el estructural, incluyendo no sólo la contribución de las fuerzas (Transfer Path Analysis) sino también, la cuantificación de los caminos seguidos por el ruido y las vibraciones (Advanced Transfer Path Analysis).

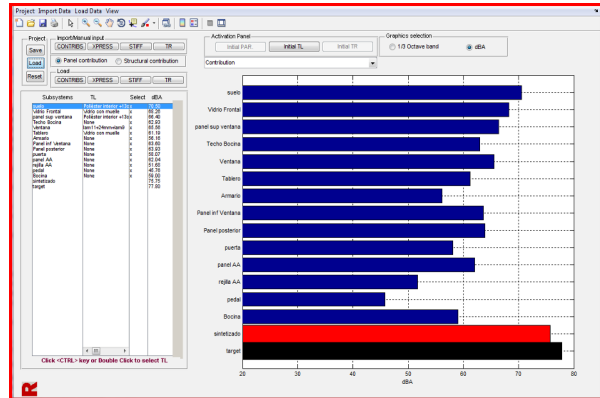
Los clientes de ICR pueden conocer de manera exacta que parte del ruido medido proviene de cada elemento del tren, como por ejemplo, el ruido recibido de cada uno de los puntos de sujeción, del aire acondicionado, de los equipos auxiliares, etc.

De esta manera, el fabricante puede juzgar con los datos en la mano, la conveniencia de cambiar los métodos de anclaje y establecer prioridades en las modificaciones. Todo ello, basándose en criterios numéricos exactos de los resultados que se pueden obtener con cada modificación.

El conocimiento de las contribuciones no tan solo permite establecer las prioridades de las modificaciones, sino que en algunos casos puede proporcionar una disminución de costes, ya que después de cada ensayo, ICR evalúa mediante un software propio, las mejoras para un nuevo diseño y define los cambios necesarios para cumplir con los objetivos deseados.

La realización de un modelo acústico completo de un tren, le permite ver el efecto producido por cualquier modificación en el diseño

Active y desactive cualquier modificación y conozca al instante su efecto sobre el ruido total



Gráfica de contribuciones

Como resultado de la experiencia acumulada, ICR cuenta con los conocimientos y los medios de última generación para este sector

A parte de los estudios mencionados, ICR realiza otro tipo de trabajos en el ámbito ferroviario, algunos de ellos específicos del sector como el tratamiento de ruido de odadura o el *squeal noise*. Otros en cambio, son de aplicación más genérica, como el análisis de impacto ambiental, el análisis modal, modelos numéricos teóricos del tren,...

La larga trayectoria de la empresa está muy vinculada a este mercado, de manera que es capaz de resolver los problemas vibroacústicos que se plantean.



Montaje experimental





## EÓLICO

Los parques eólicos se acercan cada vez más a zonas habitadas y el ruido que producen empieza a ser un factor fundamental en su viabilidad. Con el objetivo de determinar dicha viabilidad en términos de impacto acústico medioambiental, ICR realiza un estudio completo y determina el cumplimiento de la normativa.

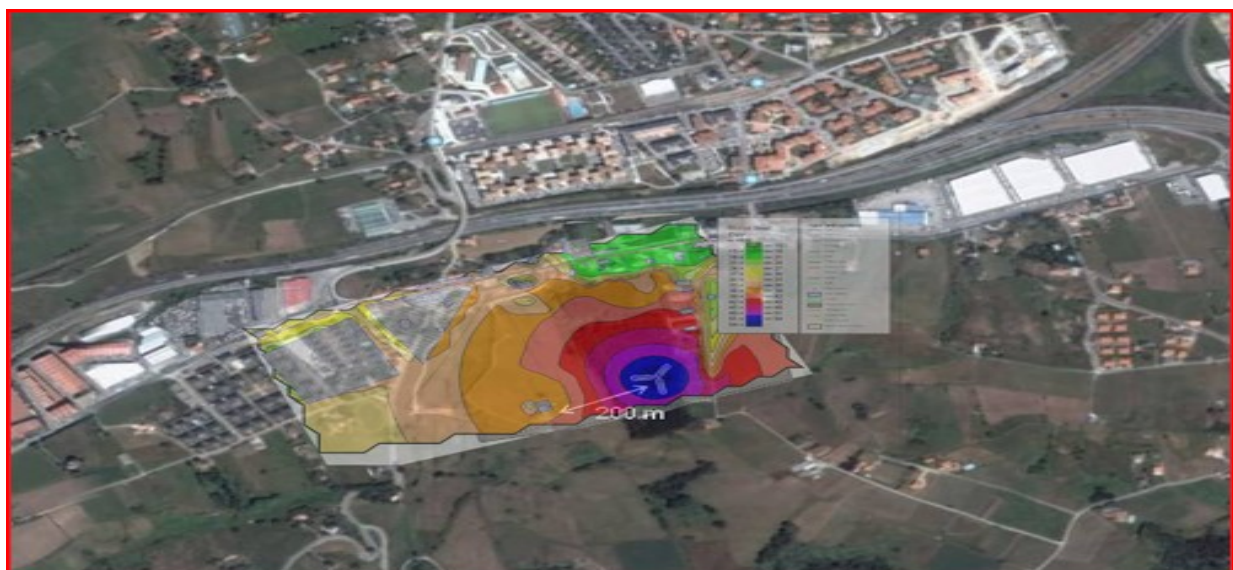
Por otro lado, también desarrolla proyectos más específicos y de gran magnitud en la fase de diseño de los aerogeneradores, la finalidad de los cuales es obtener estimaciones reales del futuro comportamiento vibroacústico del mecanismo.

Otro servicio muy importante dentro del sector eólico es la formación. ICR imparte cursos muy específicos a las empresas fabricantes de aerogeneradores, desarrollando un temario adaptado al sector en el que se introducen conceptos de acústica, y a su vez, se relacionan con la normativa actual.

ICR se encarga de la viabilidad acústica desde la fase del diseño del aerogenerador, hasta el control medioambiental del parque



Medida de potencia acústica según IEC 61400 parte 11



Estudio de impacto medioambiental de un parque eólico

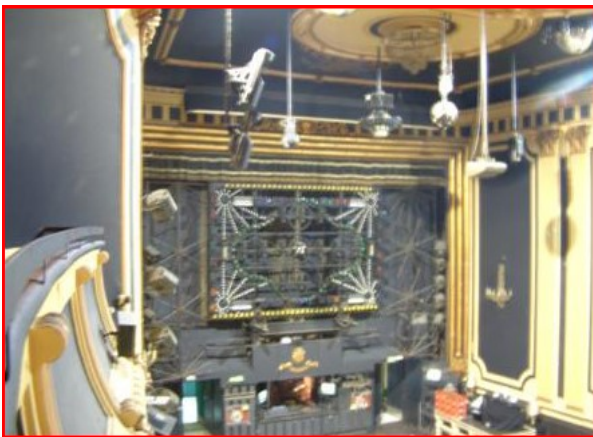
## CONSTRUCCIÓN

El descanso de los ciudadanos se ve a menudo perturbado por diferentes factores como actividades de ocio, ferias, bares, discotecas, etc. Para evitar estas molestias la legislación actual determina el nivel de inmisión máximo permitido para cada actividad en función del tipo de zona, así como los valores de aislamiento para cada tipo de actividad.

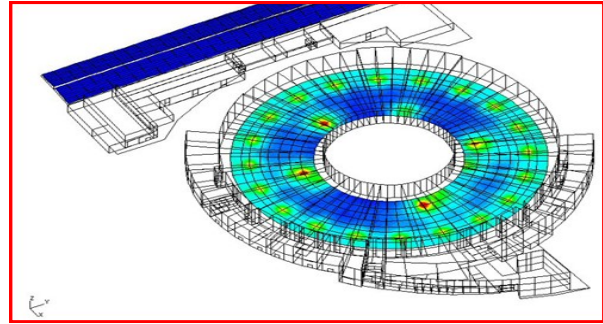
Partiendo de este hecho, en ICR se desarrollan principalmente dos tipos de estudios:

- El objetivo del primero es cuantificar y prevenir el nivel de ruido generado por las actividades de exterior. Este tipo de análisis se realiza especialmente en discotecas, ferias, centros lúdicos, etc.
- El segundo incluye los estudios de vías de transmisión de ruido y vibraciones en el interior de un edificio con el fin de cuantificar el aislamiento acústico entre los locales afectados.

Por otra parte, la empresa también realiza proyectos completos de acústica interior (geometría, absorción, difusión) en el campo audiovisual, ya sean en sonorización, sistemas de mezcla, grabación y control o diseño de nuevos centros lúdicos más silenciosos



Mejora del aislamiento de una discoteca



Previsión del ruido generado por equipamientos

ICR ofrece asimismo una amplia gama de servicios de ingeniería y de asesoría vibroacústica enfocados al sector de la arquitectura y la construcción, entre los cuales destacan:

- Soluciones constructivas funcionales
- Cálculos de aislamiento
- Medidas
- Control de obra
- Diseño de acondicionamiento acústico y de aislamiento
- Estudios de impacto acústico y de vibraciones

Finalmente, es necesario destacar que ICR ha desarrollado nuevos sistemas para la identificación de las fuentes de ruido y vibraciones en un edificio, utilizando la inversión de modelos y otros métodos como el TPA.

## EDIFICACIÓN ESPECIAL

En el sector de la construcción, la empresa participa en proyectos singulares de gran complejidad, y en los que hace posible evaluar la futura influencia de las vibraciones ambientales en edificios donde el nivel de vibraciones máximo es muy restrictivo.

Este estudio se desarrolla en primer lugar, calculando las vibraciones ambientales que pueden afectar las instalaciones, y en segundo lugar, caracterizando el terreno mediante el método SASW (Spectral Analysis of Surface Waves). Los datos que se obtienen se utilizan como entradas de un modelo de elementos finitos del terreno y el edificio.





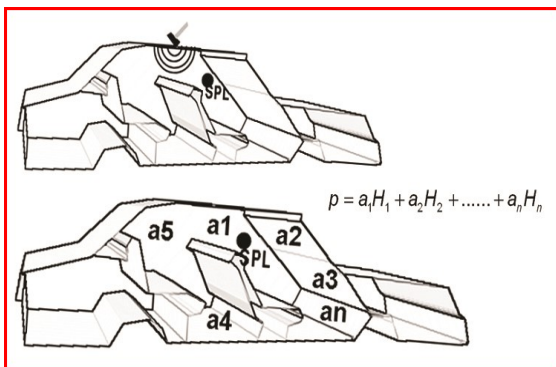
## IMPACTO AMBIENTAL

La preocupación por el impacto acústico que generan tanto las nuevas vías de circulación rápidas como los trenes de alta velocidad, ha dejado de ser un factor secundario en la planificación de infraestructuras.

ICR lleva a cabo proyectos medioambientales de predicción de ruido y vibraciones con una metodología basada generalmente en la combinación del cálculo de predicción de ruido con mediciones acústicas, porque para ICR una buena medida es sinónimo de una buena caracterización vibroacústica del terreno, y por lo tanto, de un buen modelo numérico.

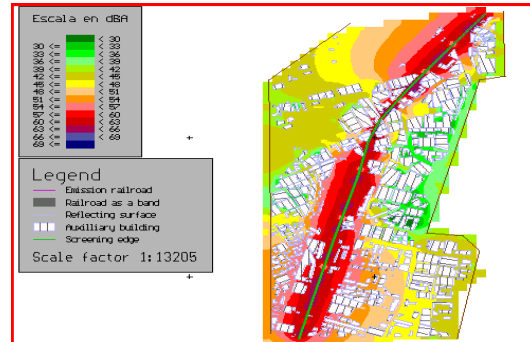
A todo ello se le suma el hecho de disponer de las mejores herramientas de cálculo, como son CADNA A y SOUNDPLAN, permitiendo obtener resultados altamente fiables al servicio de los clientes más exigentes.

Hoy en día, las previsiones de ruido tanto por tráfico ferroviario como por carreteras están regladas por normativas europeas, las cuales están integradas en los procedimientos de cálculo de la empresa.

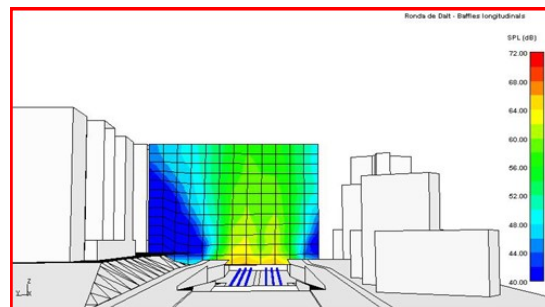


Determinación de las vías de transmisión del ruido

La mayoría de laboratorios acústicos de empresas automovilísticas aplican el planteamiento teórico TPA/ATPA desarrollado por ICR



Impacto acústico del paso del tren por Girona



Estudio acústico de la Ronda de Dalt de Barcelona

ICR realiza a diario proyectos y medidas de evaluación del impacto ambiental de nuevos trazados de carreteras y líneas ferroviarias

## AUTOMOCIÓN

Los trabajos realizados en el campo de la automoción comprenden desde la realización de estudios experimentales de vías de transmisión del ruido y de vibraciones, hasta la elaboración de modelos teóricos de previsión de ruido del tráfico.

Todo esto, sin olvidar el desarrollo de nuevos métodos de ensayo optimizando, tanto en tiempo como en dinero, la metodología actual de caracterización de un vehículo .

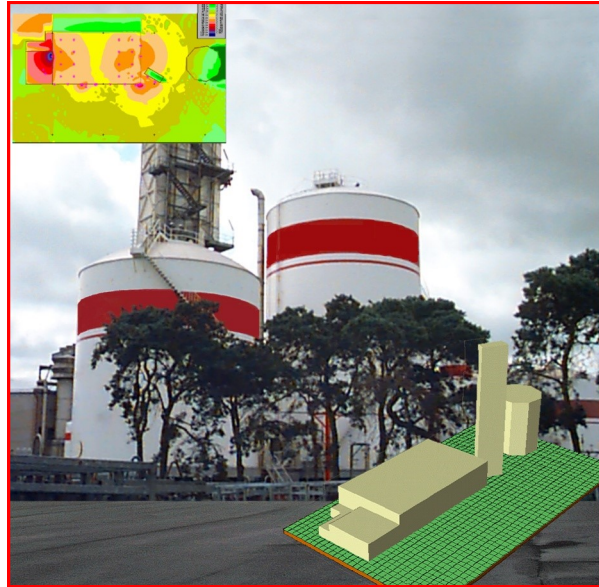
La transparencia de los métodos utilizados ha permitido a los clientes de ICR profundizar en los conocimientos vibroacústicos de sus productos y así reducir los costes necesarios para solucionar sus problemas de ruido y vibraciones.

## INDUSTRIAL

Determinar las soluciones apropiadas para disminuir el ruido que una planta industrial genera en su entorno es a menudo una tarea difícil. Para conseguirlo, el primer paso necesario es el de cuantificar la influencia de cada fuente de ruido sobre el ruido total en los puntos afectados.

ICR utiliza métodos de inversión de modelos para obtener las potencias acústicas (SWL) de todas las fuentes generadoras de ruido y vibraciones pertenecientes a una industria, sin la necesidad de interferir en el funcionamiento de la factoría. A continuación, se puede establecer en que orden silenciarlas y calcular las mejoras obtenidas con las modificaciones propuestas.

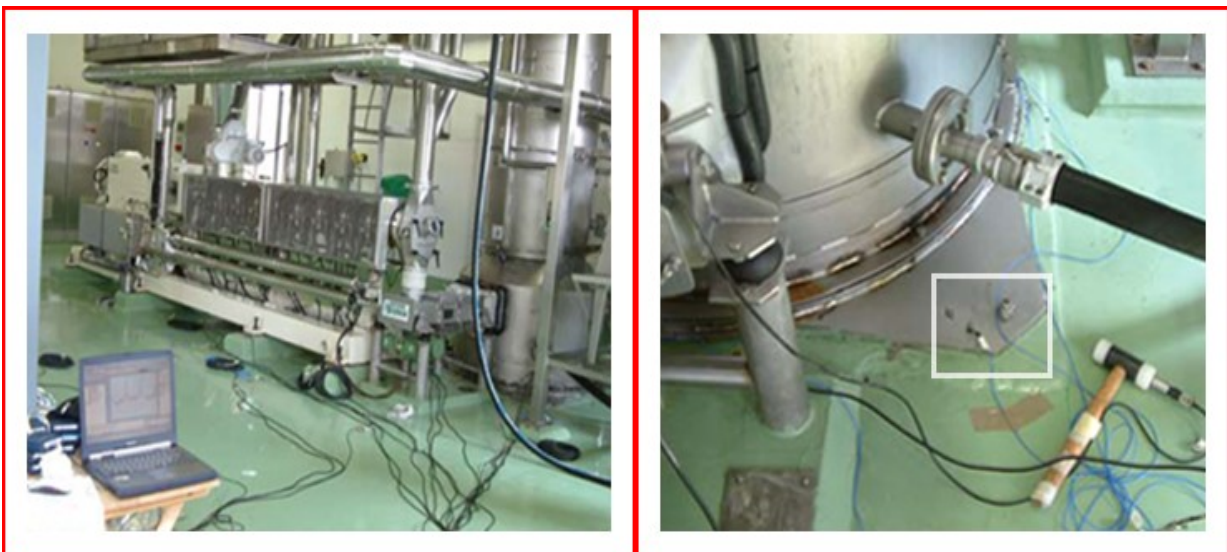
A parte del ruido en el exterior, ICR utiliza también esta metodología para conseguir la disminución necesaria del nivel de ruido generado por una máquina (soplante, granalladora, etc.), con el fin de cumplir con la normativa y evitar así, un cierre completo de la máquina-problema.



Estudio de impacto acústico de una industria química de Toulouse

El mencionado tratamiento es viable gracias a la división de la máquina-problema en un conjunto de fuentes de ruido que se pueden tratar separadamente, de manera que resulta posible diseñar un tratamiento acústico inteligente para cada una de ellas.

En el siglo XXI, la vibración y el ruido no controlados en una máquina son sinónimos de baja calidad



Ensayo vibratorio del comportamiento modal en una industria



# UE3

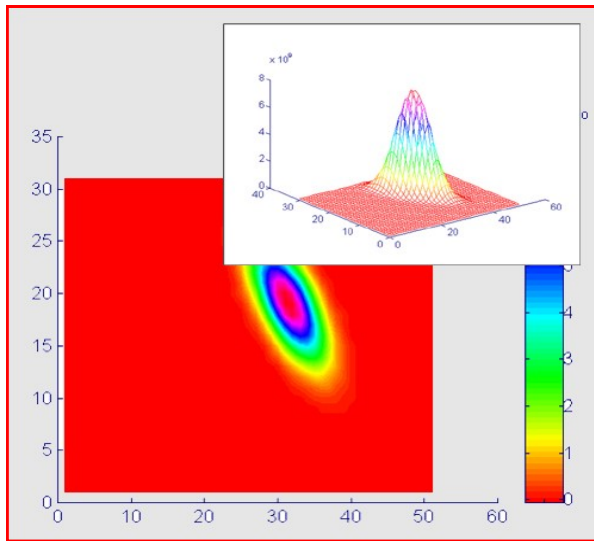
problems do you solve for your customers?  
It'd be more than one, explore different sides.  
g solar solutions for private houses: an interesting  
investment (1).

X  
FOR  
PERSON  
TO

TOO MANY  
TABS

Too much  
redundant  
info on SL  
cases

## TÉCNICAS Y METODOLOGÍA



Potencia acústica de los paneles de un coche

## INVERSIÓN DE MODELOS

La idea central de la aplicación de la inversión de modelos es conseguir a partir de una relación causa-efecto, calcular las causas a partir de los efectos.

La inversión de modelos es una técnica matemática desarrollada en la geofísica y transferida a la vibroacústica por ICR.

En este caso, la inversión es aplicable a la determinación de las potencias acústicas de una colección de fuentes, de las cuales sabemos que producen un cierto ruido en un conjunto de puntos medidos. Esto supone la utilización de métodos matemáticos asociados a la estadística y a la incertidumbre.

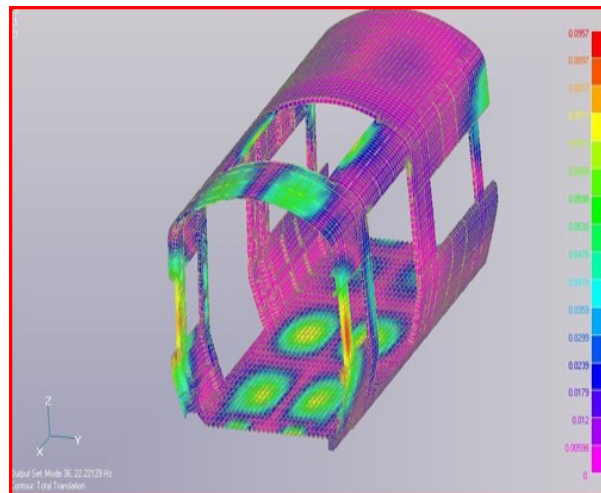
Los escasos recursos analíticos del mercado, han motivado a ICR a adaptar varios métodos en la ciencia de la vibroacústica.

## MÉTODOS NUMÉRICOS

Los métodos de Elementos Finitos FEM (Finite Element Method) y Elementos de Contorno BEM (Boundary Element Method) son una poderosa herramienta de predicción para las bajas frecuencias. Ambos se utilizan para abordar problemas de vibroacústica directamente sobre el diseño, permitiendo establecer la validez exacta de cualquier solución propuesta para los clientes.

ICR evalúa el comportamiento dinámico de estructuras frente a la introducción de fuerzas, ya sean de carácter mecánico, acústico o aerodinámico. Por ejemplo, se puede establecer la respuesta vibratoria del coche de un tren en las excitaciones que introducen los motores, los equipos auxiliares, etc., teniendo en cuenta los diferentes elementos estructurales intermedios.

En definitiva, usando FEM y BEM se puede proporcionar una previsión de ruido y vibraciones en fase de diseño, evitando de esta manera que los problemas aparezcan en el producto final.



Acoplamiento coche-motor por FEM

ICR emplea otros métodos numéricos en función de los requerimientos de cada estudio, como la Ecuación Parabólica o el WEM (Wave Expansion Method).

ICR integra la vibroacústica  
en la fase de diseño

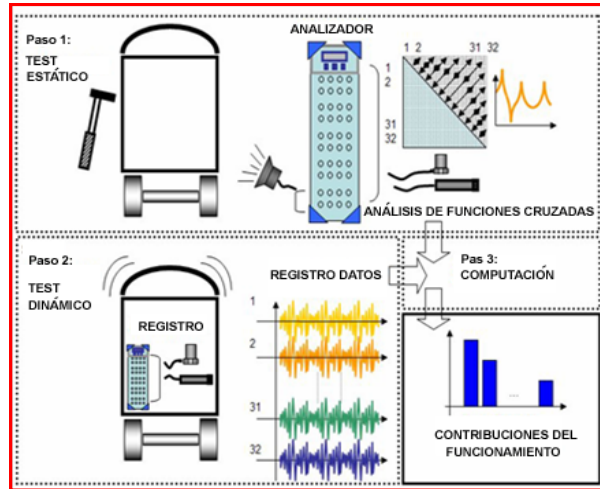


**TPA / ATPA**

El Análisis de Vías de Transmisión (Transfer Path Analysis) es una técnica creada en los años 80 y desarrollada intensamente por ICR, especialmente en el tratamiento de las vías y en la aplicación de la teoría en la energía vibro-acústica.

Este sistema permite cuantificar las contribuciones de cada una de las fuentes de ruido que participan en un problema y es aplicable de forma general, es decir, es válido para todos los campos. Por ejemplo, en un tren se pueden analizar cada una de las partes del vehículo (ventanas, paredes, suelo, etc.) que emiten un cierto ruido. Pero eso mismo se puede hacer también, en edificios, en maquinaria pesada, en pequeños mecanismos, etc.

La idea principal de este análisis se basa en dividir por partes el objeto a estudiar y determinar la contribución al ruido total de cada una de dichas partes. Sólo así, se hallan las soluciones más adecuadas al problema.



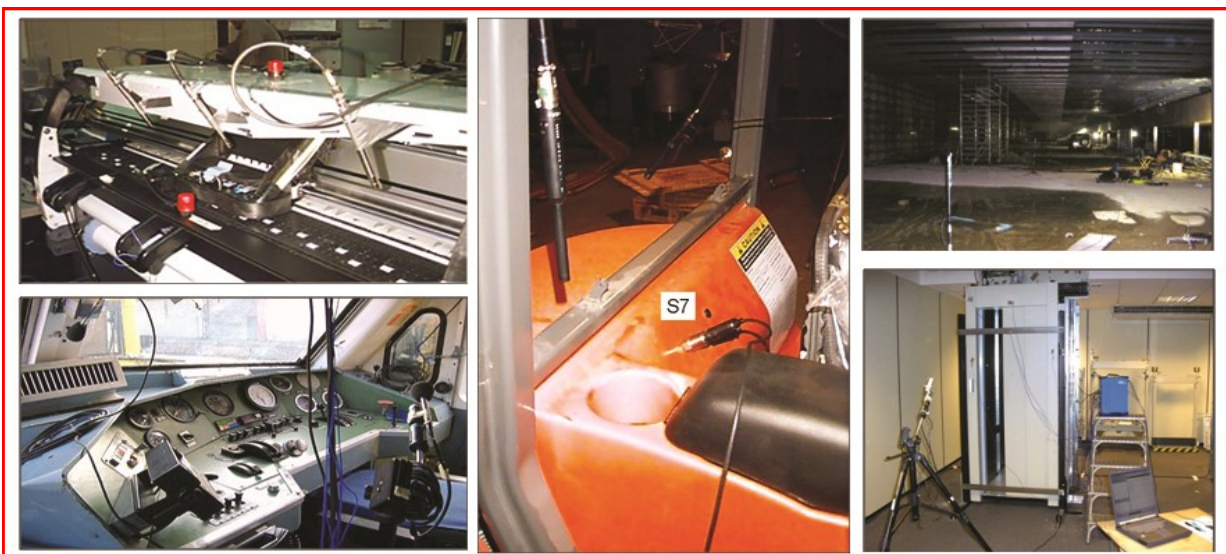
Procedimiento del análisis de vías de transmisión

También mediante este método se pueden evaluar las fuerzas que actúan sobre un sistema mecánico, por ejemplo las fuerzas dinámicas que un motor puede introducir en la carrocería de un vehículo.

Esto permite definir soluciones que rebajen las fuerzas, tales como cambiar los puntos de soporte o la utilización de soportes elásticos adecuados.

Por lo tanto, sólo englobando este método de ensayo y un desarrollo teórico se pueden obtener los datos para definir con criterio cuales son las mejoras necesarias para solucionar el problema.

ICR mantiene una formación constante en todas aquellas disciplinas que permiten una predicción cada día más depurada



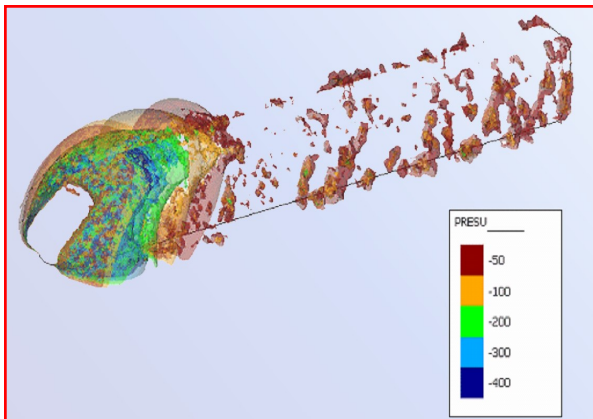
Ejemplos de aplicación de TPA/ATPA en diferentes sectores

## CÁLCULOS AEROACÚSTICOS

Un problema de vibraciones puede tener orígenes muy diversos y de naturalezas muy diferentes. Por ejemplo, puede provenir de una fuente de ruido, de fuerzas electromagnéticas o de desequilibrios dinámicos.

Una fuente importante de generación de vibraciones y ruido es la de un flujo circulando a gran velocidad alrededor de un cuerpo (un tren, un coche, un ventilador, etc.). La ciencia que estudia este fenómeno es la Aeroacústica.

Actualmente, ICR realiza predicciones de la contribución al ruido interior generada por los efectos aerodinámicos, ya sean de un tren circulando a altas velocidades, como de un aerogenerador.



Estudio aeroacústico de un tren

Hasta hace pocos años, en el campo de la aeroacústica era impensable cualquier tipo de predicción, no obstante, los rápidos avances en el terreno de la computación hacen posible la realización de cálculos de gran complejidad.

ICR dispone de medios propios de cálculo en **CFD** (Computational Fluid Dynamics) y **CAA** (Computational Aeroacoustics) más actuales, de manera que, combinados con métodos FEM y BEM clásicos, se puede cuantificar adecuadamente la contribución de la carga aerodinámica en la vibración de una estructura o al ruido interior de un vehículo.

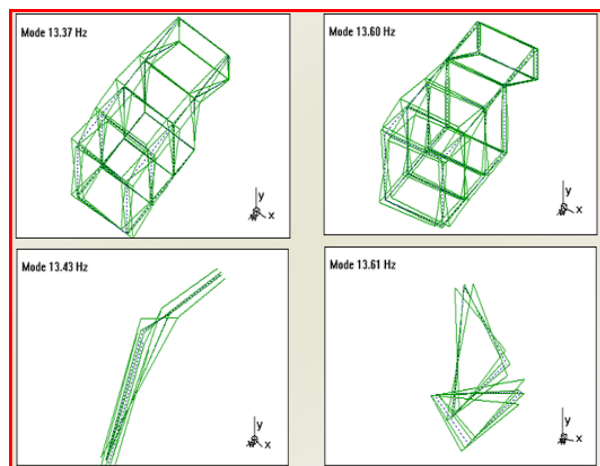
## ANÁLISI MODAL

El análisis modal, experimental o a partir de métodos numéricos, consiste en determinar los parámetros de cada uno de los modos propios de vibración de una estructura, que son la frecuencia natural de vibración, la deformada modal y la amortiguación modal.

La vibración en el rango de bajas frecuencias de cualquier estructura puede obtenerse como la superposición de las contribuciones de cada uno de sus modos propios. Debido a que el cálculo de la contribución de cada modo necesita únicamente el conocimiento de la fuerza de excitación vibratoria y de los parámetros modales previamente mencionados, los resultados del análisis modal de una estructura permiten calcular la respuesta vibratoria cuando está sometida a cualquier excitación.

Además, gracias al conocimiento de la contribución de cada modo, las medidas correctoras que hay que tomar para reducir eficazmente el nivel de vibraciones global, se pueden concentrar sobre los modos de vibración preponderantes. En ICR se han aplicado con éxito estas técnicas en campos muy variados de la industria.

El control de vibraciones es un trabajo habitual en ICR



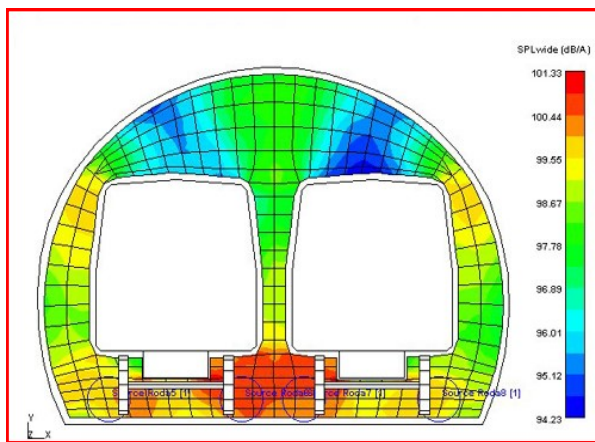
Análisis modal de la estructura de una góndola de un aerogenerador



## RAY-TRACING

Sea por acústica de locales o por propagación en el exterior, esta técnica se basa en la elaboración de cálculos paso a paso que facilitan la obtención de resultados en el caso de atmosferas homogéneas.

En el límite de alta frecuencia la ecuación de ondas deriva a la ecuación eikonal que permite interpretar la propagación del sonido mediante rayos.



Predicción de ruidos en el interior de un túnel ferroviario mediante métodos de rayos

Para medias y altas frecuencias, ICR cuenta con una gran experiencia en el terreno de las teorías energéticas

ICR hace extensiva cualquier aplicación de su conocimiento

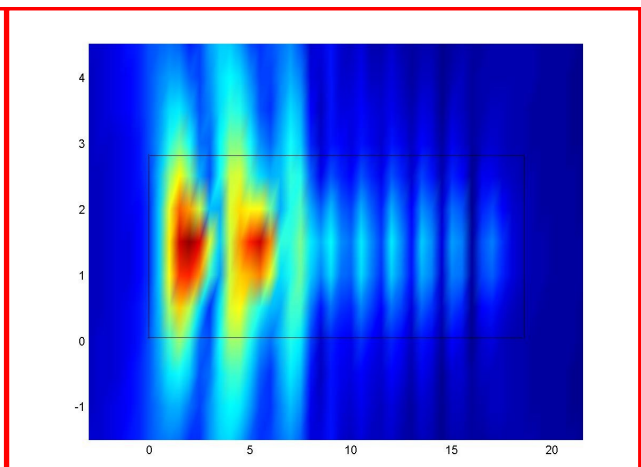
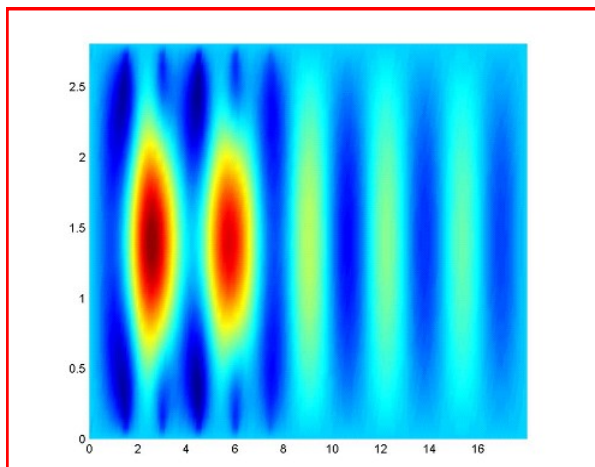
El resultado final es un *Know-How* para la empresa fabricante que, introducido en el ciclo productivo, forma una verdadera base de conocimientos utilizables en un futuro

## ANÁLISI ESTADÍSTICO ENERGÉTICO (SEA)

El estudio vibroacústico en alta frecuencia de sistemas complejos no se puede abordar a partir de la ecuación de ondas.

La metodología que se utiliza habitualmente es el **SEA** (Statistical Energy Analysis), un método de cálculo vibroacústico basado en la transferencia de energía entre las partes del sistema. Estas transferencias se caracterizan mediante factores de acoplamiento que dependen de la densidad modal.

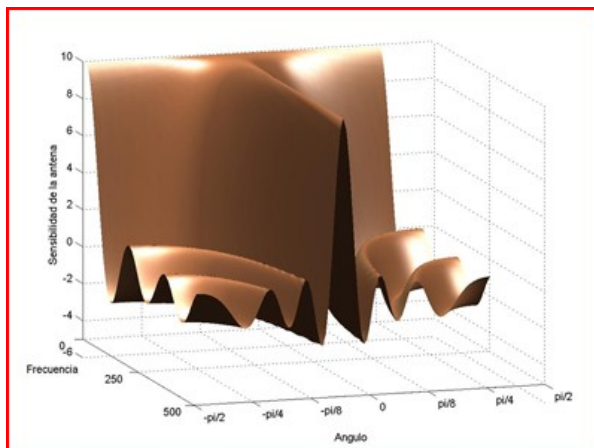
Con SEA se pueden estudiar sistemas complejos en medias y altas frecuencias, con el fin de hacer diagnósis más realistas, hecho que con otras técnicas, estos estudios son numéricamente inviables y imposibles de cuantificar.



Cálculo de la radiación acústica (derecha) a partir de la distribución de velocidades (izquierda)

## LOCALIZACIÓN DE FUENTES

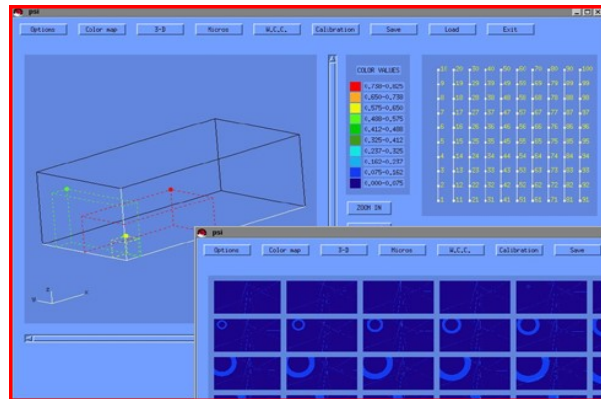
Uno de los objetivos principales de ICR es la cuantificación y localización de fuentes de ruido y vibraciones, con el fin de optimizar la solución a un problema vibroacústico. Para ello, existen métodos como la holografía y las antenas acústicas.



Gráfica de la sensibilidad de una antena acústica en función de la

La **Holografía** acústica es la técnica particular de inversión donde a partir de las presiones medidas en el campo acústico radiado por un cuerpo vibrante, se calculan las vibraciones de éste.

Ésto se hace mediante la integral de Green que aplica ambas variables, presión al espacio y velocidad sobre una superficie cerrada.



Herramienta para la obtención de fotografías acústicas

Esta tecnología puede ser un primer paso para afrontar un problema vibroacústico

Las **Antenas acústicas** son redes de micrófonos que mediante el procesado de las señales recibidas tienen una directividad destacada en una dirección, permitiendo saber por lo tanto, el ruido que llega de aquella dirección.

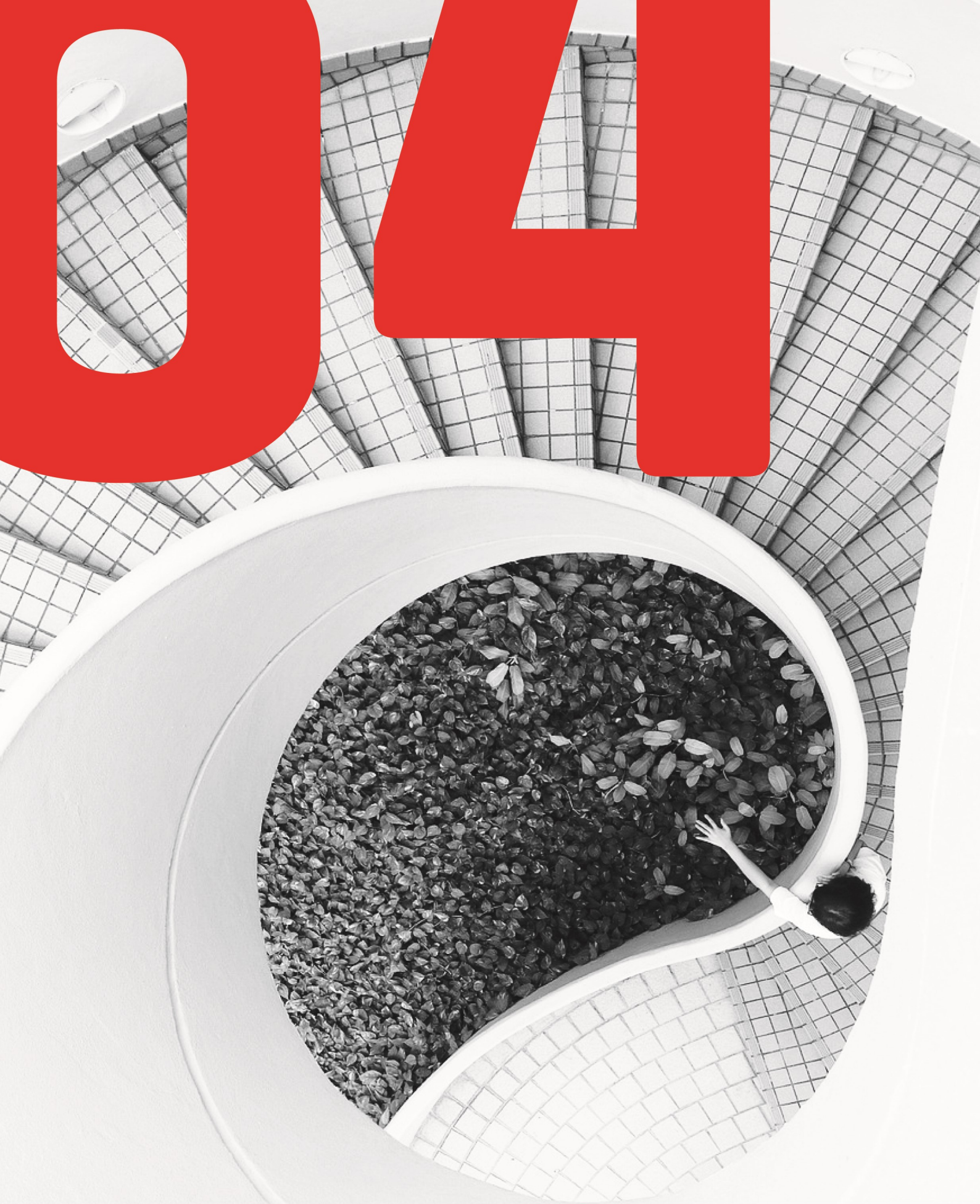
Las antenas acústicas se basan en general en alguna hipótesis sobre el campo acústico emitido, como por ejemplo ondas planas, esféricas, etc.

ICR dispone también de las antenas de correlación que permiten incluso, la localización en campos reverberantes.



Localización de fuentes de ruido en un coche en movimiento





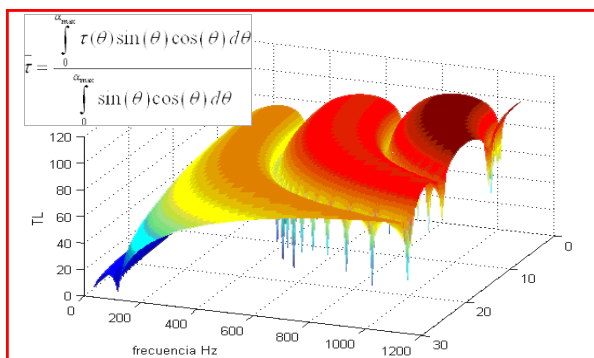
**FORMACIÓN**

## FORMACIÓN

ICR cuenta con unos profesionales altamente cualificados, el nivel de los cuales permite ofrecer cursos sobre diferentes temas de acústica y vibraciones.

La formación que se imparte se caracteriza por ser del todo adaptable a las necesidades del cliente, el cual siempre dispone de un temario dividido en dos partes; una primera con una introducción genérica de vibroacústica, y una segunda parte de especialización, basada en contenidos mucho más ajustados y concretos al sector correspondiente.

Estos cursos hechos a medida permiten garantizar un buen conocimiento teórico, y si se requiere, también práctico, ya que el límite lo pone el interés del cliente.



Curso Acústica Avanzada

ICR destina, desde siempre, tiempo y recursos en impartir formación vibroacústica a distintos niveles. Siguiendo esta línea, cuenta con cursos de:

- Acústica Básica
- Acústica Avanzada
- Aislamiento
- Vibraciones
- Medioambiente
- Aeroacústica

---

Formación técnica y específica que no requiere conocimientos previos

---



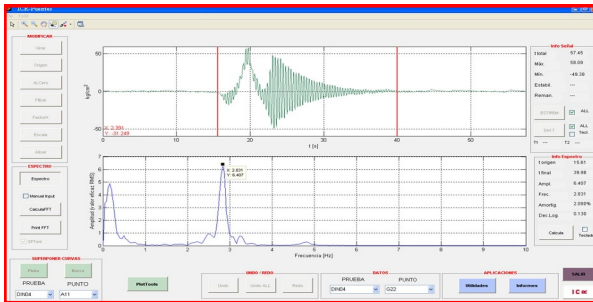


**U5**

**SOFTWARE**

## SOFTWARE PERSONALIZADO

ICR ofrece un servicio específico de desarrollo de programas hechos a medida. Ha programado software concretos para el control de calidad en la línea de producción, para aparatos de medida, para el tratamiento de señal, o incluso software para métodos tales como TPA (Tranfer Path Analysis).



Programa de tratamiento, análisis en frecuencia y visualización de vibraciones de puentes.

## VENTAJAS

1. Es el **ÚNICO** programa **con doble posibilidad de cálculo**: permite hacer una predicción de aislamiento acústico, pero también, calcular en base a la formulación del Código Técnico de la Edificación.
2. **La base de datos es flexible**, y con ello ofrece varias opciones: Introducir materiales a partir de una base de datos genérica. Añadir al cálculo soluciones constructivas procedentes de fabricantes del sector. Editar nuevos materiales de manera que el usuario pueda adaptar y personalizar su programa.
3. Calcula fácilmente el aislamiento de elementos **SIMPLES, MÚLTIPLES (dobles, triples, etc.) y MIXTOS** (paredes con ventanas, puerta con visor, etc.).
4. Genera **informes** basados **en la norma ISO-10140**.
5. Elabora **fichas justificativas del cumplimiento de los valores límites de aislamiento acústico según el DB-HR** del CTE.
6. Es **multilingüe**.
7. Es un programa **totalmente accesible** ya que su diligencia es muy sencilla.

## dBKAisla

Entre los software de la empresa, destaca el programa de predicción de aislamiento acústico, dBKAisla. Diseñado para calcular el aislamiento de paneles simples, múltiples y mixtos, proporcionando al usuario la posibilidad de calcular un conjunto de soluciones específicas para cada tipo de paramento.

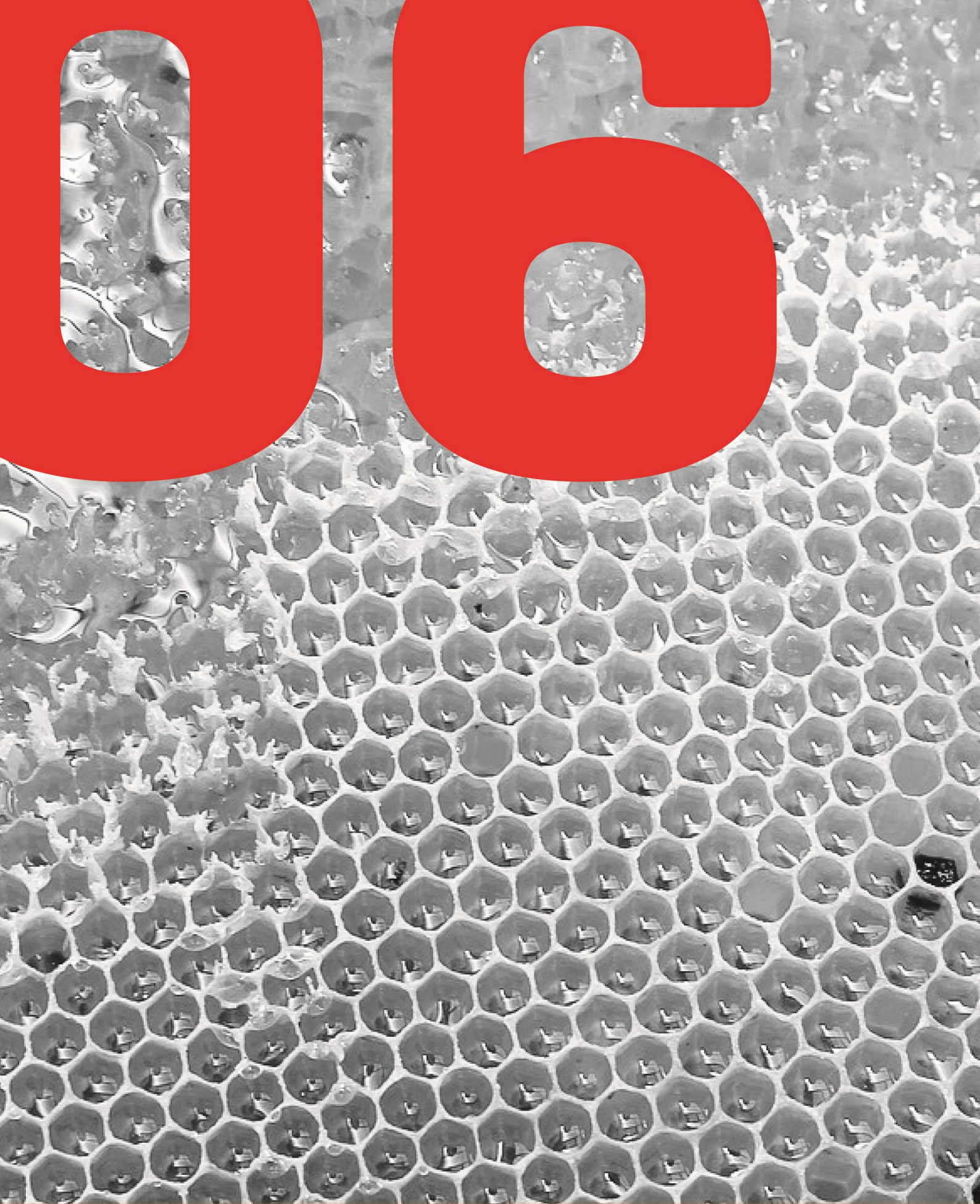
Además, dBKAisla también permite el desarrollo de cálculo del aislamiento al ruido aéreo y al ruido de impacto entre dos locales, teniendo en cuenta las vías de transmisión laterales según el método detallado de la UNE-EN 12354 (Normativa establecida y recomendada por el DB-HR del Código Técnico de la Edificación).



dBKAisla contiene una variedad de complementos como esquemas, imágenes, e incluso, un buscador que indaga tanto por producto como por empresa, para agilizar el proceso de cálculo. La base de datos dispone de una amplia colección de características acústicas de los materiales genéricos más típicos de la construcción e industria, así como de los aislamientos medidos en los mejores laboratorios.

El programa permite también la creación de completos informes basados en el formato especificado por la **norma ISO-140** donde se recoge la información utilizada durante toda la sesión de trabajo. También, lleva incorporadas fichas justificativas al final del cálculo, para que el usuario determine y redacte si hay cumplimiento o no de la normativa actual, DB-HR del CTE.





I+D

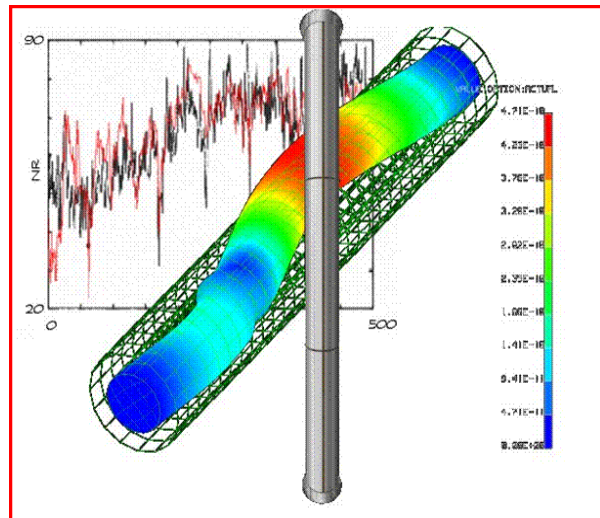
## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

ICR aporta soluciones teóricas y a la vez, diseña nuevas tecnologías experimentales dentro del campo vibroacústico.

Algunas de las líneas de investigación más importantes de ICR son: la aeroacústica, el TPA, el desarrollo de software, la inversión de modelos, la caracterización dinámica del terreno, los diseños de materiales, los silenciadores, la fotografía acústica, etc.

Dentro de los muchos proyectos de I+D en los que ha participado la empresa, hay tanto de financiamiento público como de privado.

Ciertas innovaciones conseguidas se han expuesto en conferencias o han estado publicadas en artículos científicos e informes técnicos en revistas de alcance nacional y europeo. Por ejemplo, las bases matemáticas del método TPA han sido publicadas en las principales revistas internacionales e incluso, se han transferido a grandes corporaciones multinacionales.



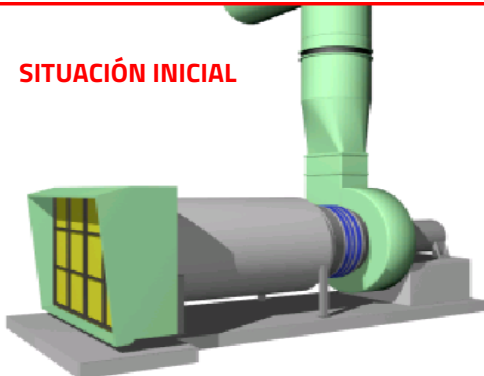
Transmisión estructural de señales vibratorias en pipelines

Un problema bien planteado,  
acostumbra a ser un problema resuelto

Gracias a la actividad continuada de Investigación y Desarrollo, buena parte de los métodos que emplea ICR en su trabajo diario, han sido creados por la misma empresa. A la vez, también ha adaptado métodos comerciales.

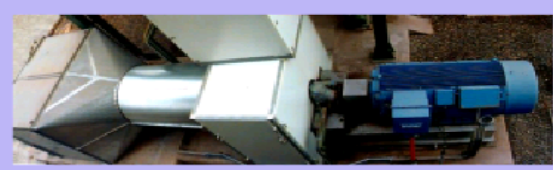
La metodología y algunas de estas técnicas ya han sido expuestas con anterioridad.

### SITUACIÓN INICIAL



### SITUACIÓN ACTUAL

MEJORA PREVISTA → 15 dBA  
MEJORA OBTENIDA → 14 dBA



Realización de un tratamiento de insonorización sin hacer un cierre completo mediante inversión de modelos completo aplicando el método de Inversión de Modelo





INVERSIÓN DE MODELOS

VÍAS DE TRANSMISIÓN

APLICACIONES DE CONTROL

RUIDO AERODINÁMICO



**ARTÍCULOS**

A continuación, les presentamos los artículos científicos e informes técnicos publicados en el campo de investigación y desarrollo de ICR.

## Abstracts

### INVERSIÓN DE MODELOS / INVERSION MODELING METHOD

- *An inversion modelling method to obtain the acoustic power of the noise sources in a large factory.*

O. Guasch, F.X. Magrans & P.V. Rodríguez. *Applied Acoustics* 63, pp. 401-417 (2002).

#### Abstract

A common problem for large factories that wish to decrease their environmental acoustic impact on neighbouring locations is to find out the acoustic power of every noise source. As these factories cannot stop their activity in order to measure each source individually, a procedure is needed to obtain the acoustic powers with the factory under normal operating conditions. Their contribution to the overall sound pressure level at each neighbouring location can then be obtained and it is possible to calculate the improvements obtained after any modification of the sources. In this paper an inversion modelling method is used to do so. Acoustic powers are obtained by means of field sound pressure level measurements and with the use of a sound propagation software. A careful analysis of the solution has been carried out by simulating errors on the measured data in order to detect possible correlations between the acoustic power of different sources and avoid misleading interpretations of the results. The whole methodology has been applied to a liquid-gas production factory.

- *An inversion modelling method to obtain the acoustic power of a car cabin panels in the mid-high frequency range.*

O. Guasch, F.X. Magrans & P.V. Rodríguez. *Proceedings of the 14 Jornada Técnica de Automoción, UPNA-STA. Pamplona, (2002).*

#### Abstract

The Inverse Problem Theory is a quite complete mathematical theory that integrates methods for extracting as much information as possible from measured data, in order to find the most probable values for an a priori unknown physical model. It is based on probability calculus and brings a natural extension of the minimax, least absolute and least squares optimisation criteria. The theory has found several applications in a wide variety of fields such as mathematics, astrophysics, geophysics, engineering or economy.

In this paper, the theory is applied to reconstruct the medium-high frequency acoustic field in the cabin of a Ferrari 456. The acoustic powers of the car cabin panels are obtained by means of sound pressure spectra measurements and with the use of a diffuse model of radiation following Lambert's law. Once all the acoustic powers are known, their influence to the acoustic pressure at any point inside the car cabin can be calculated. A careful analysis of the solution has been performed by simulating errors on the measured data in order to obtain correlations among the acoustic powers and avoid a misleading interpretation of the results. The method has proved encouraging and saves a large amount of time when compared with more classical approaches.



- *An innovative approach for the noise reconstruction and analysis at the medium-high frequencies.*  
O. Guasch, F.X. Magrans, P.V. Rodriguez & G. Manacorda, Proceedings of Euro-Noise, Munich, Germany, October, Vol. I, pp.503-509 (1998).

**Abstract**

In the last 30 years the Inverse Problem Theory has been mainly developed by geophysicians trying to model the Earth's interior from data collected at the Earth's surface. As the Earth's interior is inaccessible, methods for extracting as much information as possible from data had been carried out. These methods turned out to be really efficient and have been applied to many other fields of applied physics and mathematics, engineering and economy. A quite complete mathematic theory has been built for them.

In our study we used some of these methods to reconstruct the medium-high frequencies noise field in the cabin of the new Ferrari 456. Our purpose was to know in what ways each of the panels in the total interior surface contribute to the measured noise at different points in the cabin. The results we obtained are very hopeful and we think that will improve in the future as we will have more information and a priori data to manage.

---

**VÍAS DE TRANSMISIÓN / TRANSMISSION PATH ANALYSIS**

---

- *Path Analysis*

F.X.Magrans, Proceedings Nag Daga (2009)

**Abstract**

The title of this paper is Path Analysis, and not Transfer Path Analysis, because the latter name has been assigned to the Forces method which, as it is used, is a contribution analysis method, more than a path method.

The origins of the method lie in the need to solve two different problems. The first problem consists in quantifying the contribution of each part of a vibrating system to the total noise measured at a given location. This problem will be called problem A. The second one, called problem B, consists in determining the noise produced by each one of the forces acting on a mechanical system.

In the 60's the method used to solve the problem A was called the "Strip" method. In this method the noisy object was totally covered with insulating blankets in order to attain a very reduced noise. Then the surfaces were uncovered one by one and the contributions of each surface deduced from measurements. The "Strip" method has been applied to motors, whole cars or even to whole train coaches, and it is still being applied today.

A typical case of problem B was to estimate the contributions to interior noise of each one of the engine supports on a car. In order to solve this problem, the practical method was to unlink the engine from the car and then to attach the supports one by one.

- *Low and mid-high frequency advanced transmission path analysis.*

F.X. Magrans, P.V. Rodriguez & G. Cousin, Proceedings of the 12 International Congress on Sound and Vibration, Lisboa, Portugal (2005).

**Abstract**

Advanced Transfer Path Analysis (ATPA) is a test-based numerical technique allowing the diagnosis necessary to solve vibro-acoustic problems. For vehicle applications, the main purpose consists in ranking the contributions of potential sources or potential transmitting points, distributed around a cabin, and creating noise at a receiving passenger location. The classic Transfer Path Analysis (TPA), as commonly known, has one objective: giving the contributions

of the sources at the receiver points, independently of their transmission path. Using the ATPA technique, the transmission paths are quantified and ranked. This technique complements the possibilities of the classical TPA method by allowing the determination of the relative contributions of the selected structure and airborne transmission paths. Using the information extracted from the application of this theory, the mechanical component to be modified can be identified. From that point, the decision can be taken to act directly on the source or on the structural elements. This paper starts by giving a short theoretical description of the method. Then, the steps of the experimental procedure applied, the tools used, and the exploitation of the data are described based on an experimental case realized in controlled conditions. Finally, the range of application of the method and of the tools used is described based on a real case.

- *Method of measuring transmission paths.*

F.X. Magrans, *Journal of Sound and Vibration* 74 (3), pp. 321-330 (1981)

#### **Abstract**

A theoretical explanation and experimental proof are presented of a method for localizing and evaluating the transmission paths of any signal in a "black box" among a set of points previously defined in it. The signal should behave linearly and the system should be able to receive external excitations separately at each of its points. Such excitations need not be the signal under study but they should be linearly related to it. Also presented are the equations that, once the transmission paths have been determined, allow the evaluation of the excitations which act on the system.

- *Definition and calculation of transmission paths within a SEA framework.*

F.X. Magrans, *Journal of Sound and Vibration* 165 (2), pp. 277-283 (1993).

#### **Abstract**

Generally, the problem of soundproofing buildings has employed the concept that energy is transmitted along different paths from the source to the receiver. The S.E.A. systematizes the existence of acoustic and mechanical coupling in mechanical complexes. This study intends to systematize the concept of transmission paths, its numerical treatment and its classification, taking the equations of S.E.A as a reference framework.

- *Direct transference applied to the study of room acoustics.*

F.X. Magrans, *Journal of Sound and Vibration* 96 (1), pp. 13-21 (1984).

#### **Abstract**

In a recent article Kruzins and Fricke [1] applied the method of Markov chains to represent the "random walk" of phonons inside an enclosed space and to predict stationary state acoustic pressure levels, at sufficiently high frequencies, in geometrically complex spaces. In this paper it is demonstrated that with the same initial hypothesis the exact solution can be obtained directly by using the method of direct transference. Explicit expressions for the coefficients of the solution matrix are found, their physical significance is made evident, and a simple method for calculating the solution is presented.



- *The Global Transfer Direct Transfer method applied to a finite simply supported elastic beam.*

O. Guasch & F.X. Magrans, *Journal of Sound and Vibration* 276 (1-2), pp. 335-359 (2004).

**Abstract**

The Global Transfer Direct Transfer (GTDT) method is a two-step transmission path analysis method. It is used to analyse the signal transmission among subsystems from a general N-dimensional linear network, representing a physical model under study. In the first step, the Global Transfer Functions (GTFs) are measured and the Direct Transfer Functions (DTFs) are calculated from them. In the second step, the signal vector is measured for the network running under the desired operational conditions. It is then possible to reconstruct the signal at any subsystem from the contributions of all other subsystems plus its own external excitation. This is done by means of the previously calculated DTFs.

This paper is intended to clarify how the GTDT method works. This is done by means of an analytic study of the bending wave transmission between three points in a simply supported finite elastic beam. This problem constitutes a particular 4-dimensional example of the general N-dimensional network. Concerning the first step of the method, special emphasis is given to the relationship among the DTFs and the GTFs, as well as to elucidate the role of the DTF matrix as a connectivity matrix. As for the second step of the method, the particular case of a correlated force vector acting on the beam is addressed. It is shown how the signal at any subsystem can be reconstructed from the signals at all the other subsystems. In practical implementations this allows to identify problematic subsystems in order to perform appropriate design modifications and avoids the necessity of having to measure operational forces.

- *The role of the direct transfer function matrix as a connectivity matrix and application to the Helmholtz equation in 2D: relation to numerical methods and free field radiation example.*

F.X. Magrans & O. Guasch, *Journal of Computational Acoustics* 13(2), pp.341-363 (2005).

**Abstract**

The Direct Transfer Function (DTF) matrix was developed in the framework of the Global Transfer Direct Transfer (GTDT) method of transmission path analysis. This method aims at solving the problem of transmission paths among subsystems from a general N-dimensional linear network, representing a vibro-acoustical model under study. The DTF matrix can be calculated from the Global Transfer Functions (GTFs), which are measurable quantities, and it is built from all the Direct Transfer Functions (DTFs) between subsystem pairs. The DTFs allow to define transmission paths by relating the signals between two network subsystems when the remaining ones become somehow blocked. In this paper, the role of the DTF matrix as a connectivity matrix is first shown by solving the Helmholtz equation in a two-dimensional grid. The results are compared with those arising from the analysis of the stencils of various numerical methods. Some finite difference and finite element methods have been considered. The connectivity role of the DTF matrix is also elucidated by means of a free field radiation example.

- *A compact formulation for conditioned spectral density function analysis by means of the LDL<sup>H</sup> matrix factorization.*

O. Guasch & F.X. Magrans, *Journal of Sound and Vibration* 277 (4-5), pp. 1082-1092 (2004).

**Abstract**

Several methods have been developed in the last decades to deal with the subject of TPA (Transmission Path Analysis) in noise and vibration problems. A distinction can be made between the so called one-step methods and two-step methods. The MISO method is a one-step TPA method because it only requires operational measurements among subsystems in a linear N-dimensional network. That is to say, the method allows to factorise the signal (usually acceleration, velocity or displacement in a given direction, or the acoustic pressure at a given location) at one network subsystem in terms of the signals or forces at the remaining ones, with the only use of operational measured data. This is to be compared with two-step TPA methods like the GTDT method (Global Transfer Direct Transfer) or the FTF method (Force Transfer Functions), which require to measure transfer functions in a first step, with the network stationary. Operational measurements are carried out in a second step and the previously measured transfer functions are then used to obtain the desired signal factorisations.

The basis of most TPA methods were developed in the mid 70's. Since then much work has been done in order to solve some of their numerical problems, as well as to enlarge their range of applicability. In this paper attention will be paid to the MISO method. It will be shown that the conditioned spectral density functions analysis developed to deal with partially correlated signals on a linear network corresponds in fact, to the LDL<sup>H</sup> factorisation of the network signal cross-spectra matrix. Although this may be a known result because the MISO method dates from the 70's, the authors have not found any published proof of it. A proof is derived in this paper that might be found interesting by itself and serve as a compendium to obtain the MISO factorisations in a compact and straightforward way.

**APLICACIONES DE CONTROL / CONTROL APPLICATIONS**

---

- *Application for measuring material acoustic properties in an impedance tube.*

D. Castro. Customer Solution, National Instruments site. (2005).

**Abstract**

The two-microphone transfer function method has been implemented to find the acoustic properties of materials using an impedance tube. The application generates a broadband noise inside the tube, while it acquires the acoustic pressure at two microphones located at the tube shell. Then, the Frequency Response Function (FRF) between the two channels is computed. A mathematical procedure allows obtaining the following acoustic parameters:

1. Reflection coefficient.
2. Absorption coefficient.
3. Acoustic impedance.
4. Acoustic admittance.

Finally, all interesting process data is transferred to an Excel worksheet (via ActiveX) to be stored and to let the user generate a report.

- *Automated noise test bank for the quality control of isolation pulleys.*

D. Castro, "Worldwide Conference on Virtual Instrumentation. National Instruments Days Fall 2002 - Spring 2003", pp. 22-23.

**Abstract**

Isolation pulleys are submitted to noise tests in order to detect any manufacturing fault. The pulley real operational conditions are simulated inside an insulated cabin and the overall sound

pressure level (SPL) in dBA is measured for a one second period. A comparison with a previously selected threshold value decides whether the pulley is acceptable or not. Three parameters depending on the pulley type are fixed before carrying out each noise test:

1. Maximum allowed SPL in dBA (threshold value).
2. Pulley strap tension.
3. Pulley revolutions per minute (r.p.m.).

This paper presents an application that automatically manages the whole pulley validation process. The application controls the noise measurement equipment, the testing conditions (parameter values), the PLC (Logical Programmable Controller) communication and the data post process. The results are automatically stored in an Excel data sheet by means of ActiveX. An additional storage in a main computer is also performed using a serial port communication.

## **RUIDO AERODINÁMICO / AERODINAMIC NOISE**

---

- *Cálculo del ruido aerodinámico generado por el flujo de aire alrededor de un cuerpo. Simulación mediante métodos estabilizados de elementos finitos.*

O. Guasch & R. Codina, Proceedings of Métodos Computacionais em Engenharia, incorporant VIII Congresso Nacional de Mecânica Aplicada e Computacional i VI Congresso de Métodos Numéricos en Ingeniería APMTAC\_SEMNI, Lisboa, Portugal (2004).

### **Abstract**

En este artículo se presenta una metodología para realizar cálculos subsónicos de aeroacústica computacional. El método se basa en la denominada analogía acústica de Lighthill y conceptualmente consta de tres fases. En la primera se resuelven las ecuaciones de Navier-Stokes para un flujo incompresible, con el objetivo de obtener el término que actúa como fuente acústica (se usa el tensor de Reynolds como aproximación al tensor de Lighthill). En la segunda fase se transforma dicho término fuente al dominio frecuencial y, finalmente, en la tercera fase se resuelve la correspondiente ecuación inhomogénea de Helmholtz con el fin de obtener el campo de presión acústica. Todas las ecuaciones se resuelven mediante métodos estabilizados de elementos finitos. Como aplicación numérica se presenta el caso del flujo de aire alrededor de un cilindro para distintos números de Reynolds. En los casos de formación de la estela de vórtices de von Kármán se observa que las simulaciones reconstruyen sin problema el carácter dipolar del campo acústico generado.

- *Time depend subscales in the stabilized finite element approximation of incompressible flow problems.*

Ramon Codina, Javier Principe, Oriol Guasch and Santiago Badia, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. (2007)

### **Abstract**

In this paper we analyze a stabilized finite element approximation for the incompressible Navier-Stokes equations based on the subgrid-scale concept. The essential point is that we explore the properties of the discrete formulation that results allowing the subgrid-scales to depen



depend on time. This apparently “natural” idea avoids several inconsistencies of previous formulations and also opens the door to generalizations.

- *An algebraic subgrid scale finite element method for the convected Helmholtz equation in two dimensions with application in aeroacoustics.*

Oriol Guasch, Ramon Codina, CMAME\_ 196 (45\_ 48) pp 4672-4689,(2007)

#### **Abstract**

An algebraic subgrid scale finite element method formally equivalent to the Galerkin Least-Squares method is presented to improve the accuracy of the Galerkin finite element solution to the two-dimensional convected Helmholtz equation. A stabilizing term has been added to the discrete weak formulation containing a stabilization parameter whose value turns to be the key for the good performance of the method. An appropriate value for this parameter has been obtained by means of a dispersion analysis. As an application, we have considered the case of aerodynamic sound radiated by incompressible flow past a two-dimensional cylinder. Following Lighthill’s acoustic analogy, we have used the time Fourier transform of the double divergence of the Reynolds stress tensor as a source term for the Helmholtz and convected Helmholtz equations and showed the benefits of using the subgrid scale stabilization.

- *A heuristic argument for the sole use of numerical stabilization with no physical LES modelling in the simulation of incompressible turbulent flows.*

O. Guasch & R. Codina, Journal of Computational Physics (2007).

#### **Abstract**

We aim at giving support to the idea that no physical LES model should be used in the simulation of turbulent flows. It is heuristically shown that the rate of transfer of subgrid kinetic energy provided by the stabilization terms of the Orthogonal Subgrid Scale (OSS) finite element method is already proportional to the molecular physical dissipation rate (for an appropriate choice of the stabilization parameter). This precludes the necessity of including an extra LES physical model to achieve this behaviour and somehow justifies the purely numerical approach to solve turbulent flows. The argumentation is valid for a fine enough mesh with characteristic element size,  $h$ , so that  $h$  lies in the inertial subrange of a turbulent flow.

# 08



**PROYECTOS**

# **PROYECTOS DE INGENIERÍA**

**FERROVIARIO**

**EÓLICO**

**CONSTRUCCIÓN**

**IMPACTO AMBIENTAL**

**INDUSTRIAL**

**AUTOMOCIÓN**



A continuación, encontrarán algunos de los proyectos realizados por ICR en cada uno de los sectores donde trabaja.

### FERROVIARIO

*Ingeniería para el Control del Ruido SL y Alstom Transport han desarrollado conjuntamente la Fase I de una herramienta de cálculo que permite determinar el nivel máximo de vibración de un equipo auxiliar situado bajo ciertas condiciones en un tren: LEViS (Launcher for the Equipment Vibration Specification). Alstom Transport.*

- *Estudio acústico y mediciones de protocolo de las unidades de tren 4.000 (C4K) para NIR (North Ireland Railways). CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*

Elaboración de un modelo numérico de ruido aéreo y previsión acústica para determinar el futuro cumplimiento de las nuevas unidades según la normativa TSI Rolling Stock-Noise 2006/66/EC, la normativa británica y los requisitos del cliente. Realización de mediciones de protocolo y post-proceso: medición de RASTI según normativa IEC60268-16 y mediciones de ruido interior, exterior y cabina tanto aéreo como estructural.

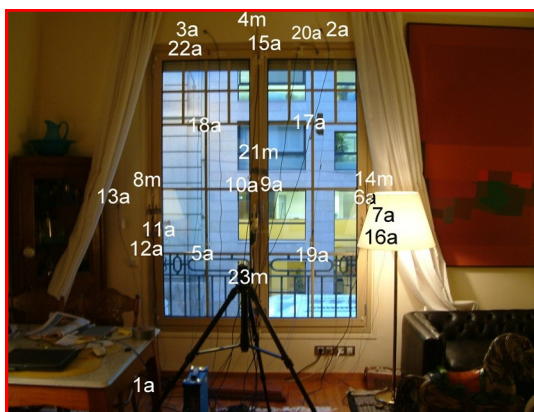


- *Servicios de consultoría e ingeniería para Alstom Transport en Savigliano, Italia, para un periodo de 8 meses. Alstom Transport.*
- *Servicios de consultoría e ingeniería para Alstom Transport en Belford, Francia, para un periodo de 18 meses. Alstom Transport.*

- *Informe Preliminar sobre el impacto vibratorio de las obras de la sede de Gas Natural Barcelona. Gas Natural S.A.*
- *Medidas sismométricas de la discoteca "Bikini" de Barcelona. Sala Bikini.*
- *Evaluación del comportamiento acústico de nuevo edificio de oficinas de la firma Ciba Geigy en Barcelona. Master de Ingeniería y arquitectura S.A.*

- *Análisis de las vías de transmisión del exterior al interior de un edificio a través de las ventanas en Barcelona. Hotels Rosincs de Barcelona.*

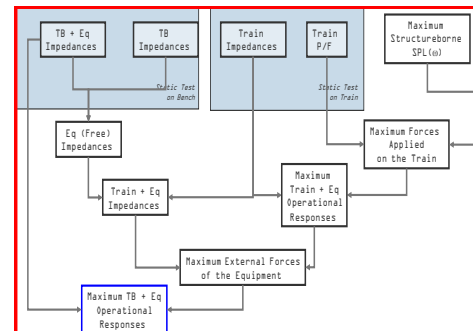
Realización de mediciones en dos ventanas del edificio para determinar las vías de transmisión de ruido del exterior del edificio hacia el interior de las viviendas a través de las ventanas.



- *Evaluación de comportamiento acústico de la planta potabilizadora PEMBROKE R.O. de Malta. Bureau-Veritas, Toulouse.*
- *Servicios de Consultoría Acústica (ruido y vibraciones) en el Centro Comercial Diagonal Mar de Barcelona (89.000 m<sup>2</sup>). Diagonal Mar S. A.*

- Proyecto de investigación "EVS (Equipments Vibration Specification)" para diseñar y desarrollar una herramienta que especifique los niveles máximos de ruido y vibraciones de los equipos que se instalan en los trenes. Alstom Transport.

Predecir los niveles de ruido estructural dentro de un rango realista de incertidumbres. Dado un SPL máximo, especificar los niveles de vibración máximos medidos bajo ciertas condiciones. Basado en una medida experimental (los resultados procedentes de modelos numéricos también se consideran).



- Servicios de consultoría para el estudio acústico sobre la reducción del nivel de ruido producido por las bocas de impulsión de las unidades de aire acondicionado de los trenes. Merak.
- Definición de las especificaciones acústicas y vibratorias de los equipos de proveedores externos. Proyecto: Metro Chennai. Prestación de servicios de ingeniería en Alstom Transport Sao Paulo, Brazil. Alstom Transport.
- Medidas sismométricas en Madrid para valorar el cumplimiento de ruido del tren AVR serie 121 según especificaciones técnicas definidas por RENFE y por la normativa europea ETI. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.



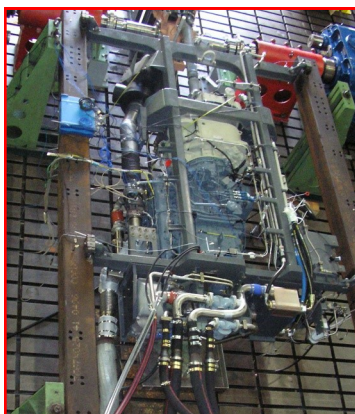
- *Estudio de las vías de transmisión del ruido y vibraciones para el prototipo de tren de muy alta velocidad (AGV). Alstom Transport.*

Realización de medidas vibroacústicas estáticas y dinámicas en el tren de alta velocidad para procesar según metodología TPA cada una de las fuentes de ruido y vibración del tren y su contribución al ruido total.



- *Pruebas experimentales de vibraciones realizadas en el banco de pruebas del laboratorio de Voith en Hamburgo, Alemania. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*

Caracterización vibratoria de diversas configuraciones del sistema motopropulsor diesel previsto para las unidades del proyecto RENFE-TDMD. Realización de medidas de aceleración del funcionamiento del módulo de tracción en diversas condiciones. Todas ellas llevadas a cabo en el banco de pruebas, y en distintas configuraciones.

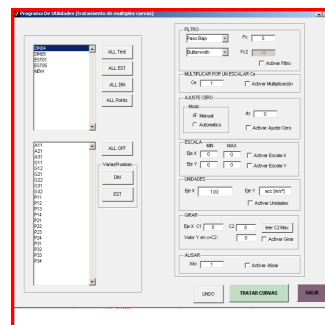
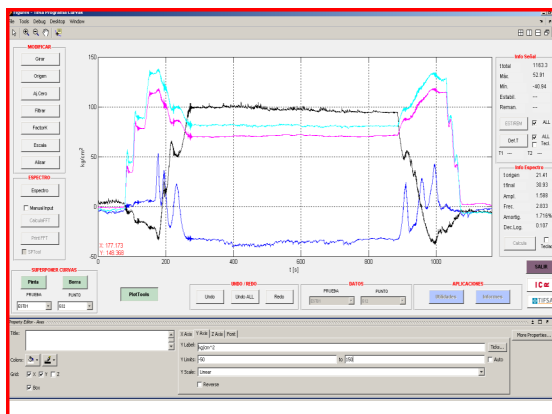


- *Análisis de vías de transmisión en una de las unidades de cercanías modelo CIVIA. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*

- *Realización de un software a medida. Ineco Tifsa.*

Realización de un software de tratamiento, análisis en frecuencia y visualización de señales de vibración de puentes. Principales funciones: síntesis y aplicación de todo tipo de filtros digitales, interpolaciones polinómicas o mediante splines, remuestreo de señales, conversión de formatos de datos, gestión en modo proyecto del conjunto de las señales, determinación de las frecuencias principales y amortiguamientos asociados, cálculo de valores remanentes y estabilizados, etc.

El software incluye subprogramas de tratamiento masivo de los datos y de generación de informes de resumen personalizados.



*Análisis de vías de transmisión en dos unidades diesel modelo 333 y 334 de Vossloh. Atenasa.*

*Modelo numérico vibroacústico del tren completo. Asesoría para aire acondicionado y medidas de comprobación para el Metro de Madrid. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*

*Ensayos de detección de las vías de transmisión de ruido y vibraciones de la Estación de Chamartín de Madrid. Determinación de soluciones. Proyecto 051180. Adjudicación 4500002478. Ineco Tifsa.*

*Realización de un modelo numérico de previsión del ruido interior y exterior del nuevo Metro de Madrid 3.000. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*

*Análisis Modal Experimental en el sistema motopulsor de las unidades diesel ADR. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*

Desarrollo de un Análisis Modal Experimental para conocer los distintos modos reales que existen y participan en el movimiento del conjunto que forman la bancada de sustentación unida elásticamente al coche, el conjunto motopulsor, y el conjunto turbocompresor que el motor lleva adherido.



*Estudio de la influencia de la separación de flujo y de las fluctuaciones de presión de la capa límite turbulenta en la potencia acústica del parabrisas de la nueva generación de trenes de alta velocidad AGV (Automotrice à Grande Vitesse), Francia. Alstom Transport.*

Elaboración de un estudio acústico de la aerodinámica generada por el ruido y la excitación de los mecanismos en el nuevo tren de alta velocidad.

El estudio se divide en tres partes principales: el ruido de la cabina debido a la excitación aerodinámica de vidrio, el ruido de la cabina debido al sistema de ventilación y por último, el ruido en la zona de pasajeros de detrás de la cabina.



- *Estudio de las vías de transmisión del ruido y vibraciones en la cabina del conductor de la locomotora diesel 250 -028 - 8 de Renfe. Atenasa.*
- *Estudio acústico de la carga aerodinámica no estacionaria en el ruido interior del tren de media-alta velocidad TAV – S104 (proyecto Lanzaderas), y realización de un modelo acústico provisional en España. Alstom Transport.*

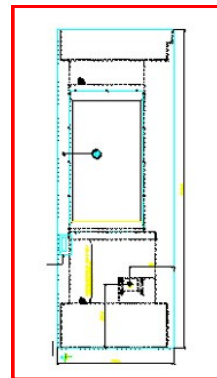
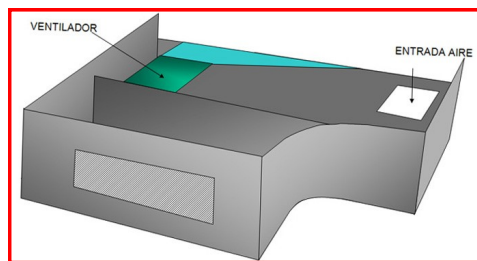


- *Proyecto de investigación META X basado en un análisis de las vías de transmisión y un estudio vibro-acústico para Weast Coast Main Line Train en Asfordby, Gran Bretaña. Alstom Transport.*

- *Diseño de un silenciador para la salida de aire viciado del Metro de Roma, y realización de una comparativa de aislamiento acústico entre tres tipos de puertas del metro, proporcionadas por el cliente. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*

Diseño de los elementos silenciadores necesarios para la reducción del nivel de ruido generado por el sistema de extracción de aire viciado ubicado en un cajón bajo el asiento del Metro de Roma.

Realización de un estudio acústico de tres diseños diferentes de puertas llevado a cabo con el programa de cálculo de aislamientos múltiples, dBKAisla desarrollado por ICR, con el objetivo de comparar su aislamiento acústico.



- *Diseño de herramientas vibro-acústicas avanzadas para la caracterización del ruido del tren. Alstom Transport.*

Desarrollar las técnicas de ensayo que definen las prestaciones vibro-acústicas de los diferentes subsistemas en un tren, referidas tanto a ruido interior como a ruido exterior a tren parado.

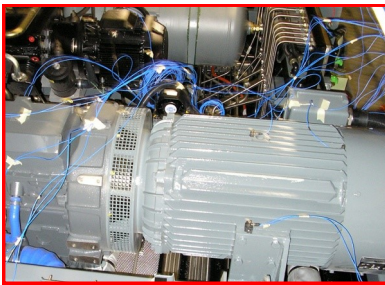
Evaluar las contribuciones al ruido interior de los diferentes subsistemas de un tren para condiciones normales de funcionamiento.

Evaluar las contribuciones al ruido exterior de los subsistemas del tren para condiciones estáticas de funcionamiento.

- *Estudio de las vías de transmisión de ruido y vibraciones del motor de un tren diesel en Irlanda del Sur. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*
- *Estudio acústico completo en una unidad del Tren CIVIA 2.000. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*
- *Estudio acústico completo basado en un análisis de las vías de transmisión del Metro de Varsovia, Polonia. Alstom Transport.*

- *Estudio acústico completo del Tren diesel de Irlanda del Norte. Modelo y estudio del acoplamiento motor por FEM. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*

Estudio Acústico de las unidades Diesel para N.I.R. basado en el cálculo del ruido de rodadura, de los niveles de ruido y determinación de soluciones que disminuyan las vibraciones producidas en el tren por el motor auxiliar. Descripción de los resultados del modelo realizado con el fin de evaluar las previsiones del nivel de presión sonora en el interior de los trenes diesel NIR.



- *Estudio acústico completo del tren Xin Min Line de la República China. Alstom Transport.*

Realización de ensayos vibro-acústicos en un tren similar incluyendo un análisis de las vías de transmisión del ruido y las vibraciones del tren y mediciones de los equipos y componentes. A posteriori, realización de un Modelo numérico con el fin de predecir el ruido y las vibraciones del nuevo modelo de tren Xin Mine Line.

Seguimiento de la fabricación de la primera unidad del nuevo modelo y ensayo vibro-acústico para comprobar la predicción estimada.

Rediseño de las puertas de cabina e intercomunicación el tren.



- *Estudio acústico del suelo flotante de las unidades del Metro de Barcelona, Línea 5.*

*Alstom Transport.*

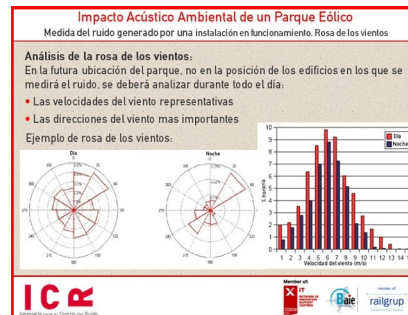
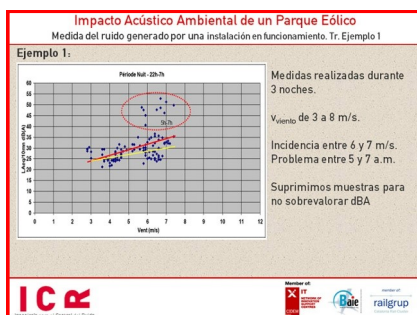
- *Estudio acústico completo del Northern Spirit (Leeds-Skipton) y análisis de las vías de transmisión de ruido del Heathrow Express (Heathrow-Paddington) en Gran Bretaña. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*
- *Determinar la influencia de la rugosidad del raíl en el ruido percibido en el interior del tren a lo largo de su trayecto habitual, Irlanda. Alstom Transport.*
- *Detección de ruido y vibraciones de origen desconocido en el metro de Barcelona. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*
- *Estudio acústico del suelo flotante de las unidades 8.000 del Metro de Madrid. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*
- *Estudio acústico completo de las nuevas unidades 6.000 del Metro de Madrid. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*
- *Estudio de las contribuciones de los distintos subsistemas del interior de la cabina al ruido total percibido por el conductor de la Línea 2 del Metro de Barcelona. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.*

## EÓLICO

- *Estudio acústico en un transformador de ABB, líder global en tecnologías electrotécnicas y de automatización, en su fábrica de Shanghai. ABB*

- *Curso completo especializado en un Estudio de Impacto Ambiental Acústico en un parque eólico. Vestas.*

Curso personalizado según las necesidades del cliente. El temario del curso, preparado por ICR, se basa en la previsión de cálculo del impacto acústico de un parque eólico constituido por tres partes: una introducción a la acústica, un estudio de impacto ambiental debido a la instalación de un parque eólico y ejemplos prácticos.





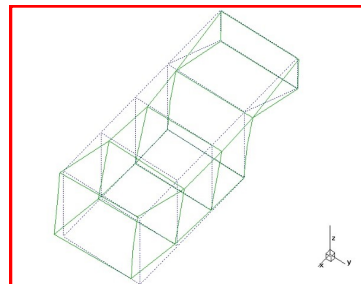
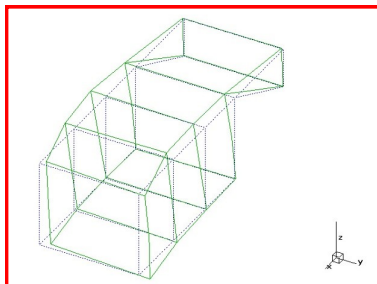
- *Estudio de impacto medioambiental previo al funcionamiento de un futuro parque eólico. Gamesa Corporación Tecnológica S.A.*

Realización de un análisis de los niveles sonoros en estado pre-operacional y una estimación de los niveles sonoros post-operacionales. Evaluación del impacto acústico previsible del parque eólico y determinación de las posibles soluciones.

- *Análisis Modal Experimental (EMA) del tren de potencia del aerogenerador ECO 100 de Alstom Wind en su fábrica de Buñuel. Alstom Wind.*
- *Pruebas experimentales de caracterización de un problema acústico tonal en el prototipo de la góndola de un aerogenerador. Alstom Wind.*
- *Curso de Acústica y Aeroacústica de rotores basado en acústica básica, principios de aeroacústica y aplicaciones a motores rotatorios. Alstom Wind.*
- *Curso personalizado de acústica ambiental para la instalación de un nuevo parque eólico. Gamesa Corporación Tecnológica S.A.*
- *Desarrollo de un Análisis Modal Experimental (EMA) en un aerogenerador. Alstom Wind.*
- *Realización de un Análisis Modal Experimental (EMA) in situ del multiplicador del aerogenerador para determinar sus modos de vibración. Alstom Wind.*
- *Realización de un Análisis Modal Experimental de los equipos de un aerogenerador para determinar los modos de vibración de la estructura en la fábrica del cliente. Alstom Wind.*

- *Realización de un Análisis Modal Experimental (EMA) del bastidor posterior del aerogenerador prototipo. Alstom Wind.*

Determinar de forma experimental a partir de un análisis modal experimental, los modos de vibración de la estructura del bastidor del aerogenerador, así como de los posibles modos locales de algunos de sus componentes, con el fin de compararlos con los calculados y conocer el comportamiento dinámico del bastidor.



- *Mediciones sonométricas en un aerogenerador prototipo para determinar la influencia de los diferentes sistemas de ventilación sobre el ruido total. Alstom Wind.*

- *Evaluación del impacto acústico de un parque eólico. Gamesa Corporación Tecnológica S.A.*

Estudio para evaluar el impacto acústico mediante dos fases: realización de mediciones acústicas al lugar y a posteriori, propuesta de soluciones.

- *Sonometría y Análisis de Vías de Transmisión del ruido de refrigeración de un aerogenerador. Alstom Wind.*

Realización de medidas sonométricas y elaboración de un Análisis de Vías de Transmisión de ruido (TPA) para cuantificar cuanto ruido se emite directamente por cada una de las bocas (aspiración y expulsión) y cuando ruido se emite para la estructura del aerogenerador.

- *Estudio de predicción del impacto acústico ambiental previsto con el funcionamiento de tres futuros parques, y determinación de las posibles soluciones. Gamesa Corporación Tecnológica S.A.*

- *Estudio de vibraciones en el terreno de la central Termosolar Borges de Abantia y Comsa EMTE. Comsa EMTE.*

Elaboración de un modelo de predicción vibratorio mediante elementos finitos (FEM) para determinar el nivel vibratorio producido sobre el soporte de la turbina de la planta a causa del paso del AVE en sus proximidades.



## CONSTRUCCIÓN

- *Medidas de control de obra para evaluar las vibraciones producidas por la inserción de planchas de contención para la canalización en los edificios próximos a las obras. Acsa Sorigué.*
- *Medidas de control vibratorio de obra en la nueva Planta Termosolar de Lebrija para SacyrVallehermoso. Sacyr Vallehermoso.*



- *Estudio de impacto acústico ambiental y asesoramiento acústico a INITEC ENERGIA en el diseño de una central térmica de ciclo combinado de 450MW para Endesa en Irlanda. Initec Energía.*
- *Estudio acústico para determinar el tratamiento necesario para mejorar las condiciones acústicas de un Polideportivo de Cornellà de Llobregat, Barcelona. Emducsa.*

- *Seguimiento y supervisión técnica en el Sincrotrón de Llum ALBA para controlar las vibraciones sobre una losa y las vibraciones causadas por un puente grúa respectivamente. Master de Ingeniería S.A.*

Evaluación de las vibraciones en las obras del Sincrotrón Alba. Este seguimiento consiste en realizar varias medidas con y sin actividad en la obra, controlar las vibraciones causadas por el funcionamiento del puente grúa que pasa por toda la construcción, y caracterizar los niveles vibratorios de una losa.

- *Diagnostico y predicción de vías de transmisión de ruido en edificación. Proyecto: Vitraso. FCC Cosntrucción S.A.*

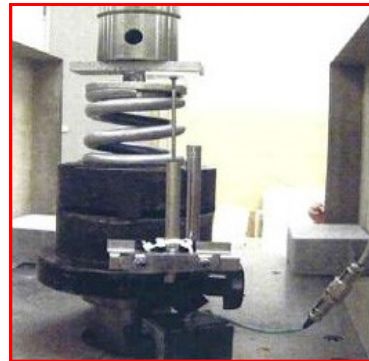
El proyecto Vitraso tiene como objetivo la detección de las vías de transmisión de ruido y vibraciones más perjudiciales en un edificio construido, así como el posterior diseño e implementación en obra para anular estos caminos. A partir de los métodos de análisis de vías de transmisión se podrán detectar las vías con mejor contribución y facilitará la intervención localizada en los elementos que las conformen. Los resultados obtenidos mediante estos métodos se compararan con las medidas experimentales realizadas y con las simulaciones numéricas. Además, la contribución de las diferentes vías de transmisión permitirá evaluar las limitaciones de la predicción según la normativa UNE EN ISO 12354.

- *Mediciones de ruido y vibraciones en las instalaciones del Instituto de Microelectrónica de Madrid con el fin de determinar si los niveles de fondo cumplen con las especificaciones del equipo a instalar en una sala. Instituto de Microelectrónica en Madrid.*
- *Control Vibratorio para la Obra correspondiente a la Sala Blanca de la unidad de Nano- Microfabricación. Contratas y Obras, Empresa Constructora S.A.*
- *Medidas sonométricas para evaluar el cumplimiento del ruido de los aparatos de ventilación de un parking según la ordenanza general de medio ambiente de Barcelona (OGMAUB). Y propuesta de soluciones. Subcomunidad Propietarios Parking.*



- *Estudio de vibraciones y de previsión acústica para el proyecto de construcción del Laboratori de Llum Sincrotró ALBA de Cerdanyola del Vallès. Master Ingeniería S.A.*

En este complejo estudio se han realizado varias tareas: medición de las vibraciones en el terreno, evaluar y predecir las vibraciones sobre la área crítica, calcular el aislamiento de las vibraciones de esta área crítica, analizar acústicamente la maquinaria y las instalaciones para cumplir con la normativa, controlar el ruido y las vibraciones de los equipos auxiliares, predecir las vibraciones originadas por el puente grúa, y calcular el aislamiento de la losa de 1m de espesor.



- *Caracterización de las vibraciones existentes en el terreno del futuro centro de nanofabricación adjunto al Centro Nacional de Microelectrónica, situado en el campus de la UAB-Bellaterra. Asesoramiento del diseño constructivo para cumplir los criterios de vibración. Expediente de contratación nº 903/04. Bellaterra - Barcelona. CSIC-CNM y Master de Ingeniería S.A.*

Evaluación de las cargas actuales para cuantificar los medios aislantes necesarios y cuantificar los límites de perturbación exterior admisibles. Seguimiento de la ejecución de la bancada anti vibratoria construida en las obras. Todo ello con el fin de conseguir una correcta ejecución y comprobar al final de ésta que la solución reporta el comportamiento vibratorio adecuado.

- *Estudio y acondicionamiento acústico en Edificio Cetoss– Querétaro en Méjico. Rheinhold & Mahla.*
- *Realización de un estudio acústico para el proyecto de construcción del Centro Termal Prestige Jafre en la población de Jafre del Ter, Girona. Bovis Lend Lease - Grupo Prestige.*
- *Proyecto de acondicionamiento acústico del Centre d'Art Sta. Mònica en Barcelona. Generalitat de Catalunya.*

- *IBM, CPD San Fernando. "Previsión del impacto vibratorio de las futuras obras de derribo y ampliación del centro". Master de Ingeniería y arquitectura S.A.*

El objetivo de este estudio es determinar los niveles de vibraciones que las futuras obras de ampliación del Centro de Procesamiento de Datos de IBM, en San Fernando - Madrid, producirán en el mismo. El estudio consta de distintas fases:

Realización de una serie de medidas de aceleración para obtener las transferencias directas de vibración entre distintos subsistemas de un sector determinado del centro.

Elaboración de un modelo por elementos finitos de una parte del edificio. Este modelo permite calcular las transferencias de vibración entre los sectores más alejados del edificio, y estudiar con más detalle el rango de bajas frecuencias, difícilmente excitables de forma experimental.

Medición de la vibración producida por un robot-martillo para calcular el nivel de vibración previsible en dos zonas del edificio.

- *Localización de vibraciones de origen desconocido en un edificio de apartamentos en Burdeos, Francia. Utilización de un método propio de Vibrografía: Localización gráfica de fuentes de Vibraciones. Bureau-Veritas, Toulouse, Francia.*

Elaboración de un tratamiento previo de la señal temporal con el fin de poder obtener una correlación cruzada entre las parejas de acelerómetros con suficiente información. A posteriori, realización de ensayos para obtener la posición de todas las fuentes vibratorias por orden de importancia a partir de una imagen visual.

- *Análisis Modal Experimental (OMA) de las vibraciones del puente ferroviario del AVE en Contreras. Ineco Tifsa.*

Partiendo de las mediciones hechas por el cliente, ICR analiza las vibraciones del puente en condiciones de funcionamiento real mediante técnicas de análisis modal operacional, obteniendo así, un modelo mucho más valioso.

## **IMPACTO AMBIENTAL**

---

- *Medidas nocturnas de la actividad producida por la perforación del terreno con una tuneladora en el tramo 4 de la Sagrera de la línea 9 de Metro de Barcelona. Entorn S.A.*
- *Medidas de vibración producidas en dos puntos del tramo 2 de las obras de la nueva línea 9 de Metro de Barcelona, según normativas municipales, autonómicas y estatales. Ute Gorg.*
- *Evaluar el nivel de ruido del piso superior del local comercial del cliente en Barcelona, para valorar el cumplimiento de la normativa actual. Metalistería J. Ruiz.*

- *Medidas sonométricas en ambiente exterior según normativa en las obras de la Línea 9 del Metro de Barcelona. Ute Arquitectura.*
- *Realización del Mapa de Ruidos del municipio de Bezana en Asturias. Insotec.*

*Control y seguimiento de las vibraciones producidas por las obras del AVE en el tramo de Sagrera al Nus de la Trinitat de Barcelona. Acciona Infraestructuras.*

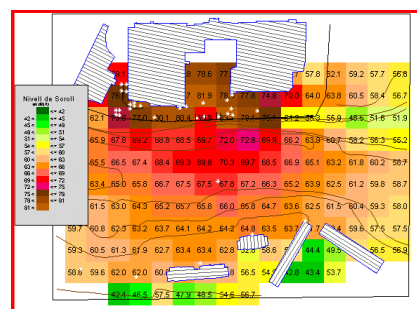
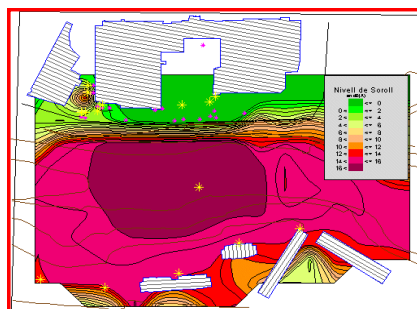
Controlar durante un período total de 36 meses los niveles de vibración recibidos en dos puntos distintos de las obras. Evaluación, en cada uno de los puntos, del cumplimiento de la normativa vigente y presentación semanal y trimestralmente de un informe detallado de las incidencias producidas durante dicho período.



- *Control del impacto acústico de las obras de la Línea 9 del Metro de Barcelona. Geocat, Gestió de Projectes S.A.*

- *Impacto Medio ambiental de la fundición Funosa situada en Odena. Determinación de soluciones acústicas. Funosa.*

Evaluar el impacto sonoro producido por la empresa Funosa en su entorno a partir de unas medidas realizadas por el LGAI, para saber en qué situación se encuentra la empresa y su alrededor respecto a la ordenanza tipo del Departamento de Medio Ambiente en previsión de la futura aplicación práctica por parte del Ayuntamiento de Igualada. Realización de un estudio completo para conocer los valores de potencia acústica de cada fuente de ruido, con la finalidad de diseñar las soluciones acústicas más óptimas para reducir el nivel de presión sonora en los puntos receptores.

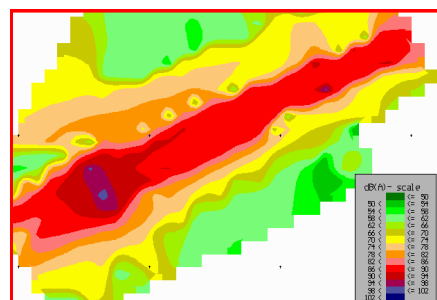
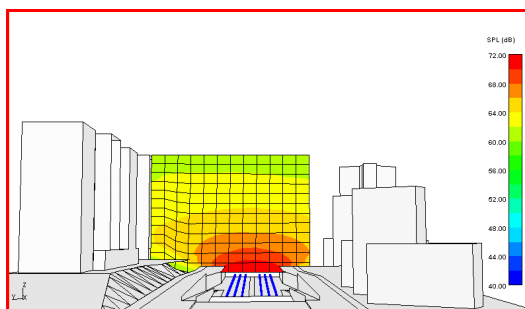




- *Realización de unas medidas sonométricas de control para justificar el ruido que emite al exterior el equipo de aire acondicionado de una clínica de Barcelona. Clínica IVI.*
- *Medidas sonométricas según normativa para la ubicación de unas nuevas viviendas en Villalba Saserra, entre Barcelona y Granollers. Barcelona Granollers Edificis S.L.*
- *Modelización del impacto acústico producido por la explotación de la carretera C-31 a su paso por el entorno de la finca Mas Mortera, al municipio de Mont-Ras al Baix Empordà. Intraesa.*
- *Estudio de impacto ambiental acústico de la discoteca "Café Mambo" en Eivissa. Café Mambo.*
- *Proyecto ZIMA-04 1189-ES con Adjudicación nº 04 1190. Correspondiente a la Medida de vibraciones del subsuelo y previsión del impacto ambiental mediante modelo de propagación de las vibraciones en función de la distancia (Cálculos de previsión del impacto ambiental vibratorio del aeropuerto en construcción de Montflorite). Ineco Tifsa.*
- *Reducción del Nivel sonoro de soplante en la fábrica ENAGAS Cartagena mediante inversión de modelos. Técnicas reunidas S.A.*
- *Estudio del Impacto Medioambiental (acústica y vibraciones) debido a la ampliación de la sala de Rotativas perteneciente al grupo Prensa Española S.A. Diario ABC, delegación Barcelona.*
- *Estudio del impacto ambiental acústico de las instalaciones del cliente. Inbesa.*

- *Impacto Medioambiental debido al tráfico rodado en un tramo (Polígono Canyelles) de la Ronda de Dalt en Barcelona. Optimización de nuevas soluciones. Europroject.*

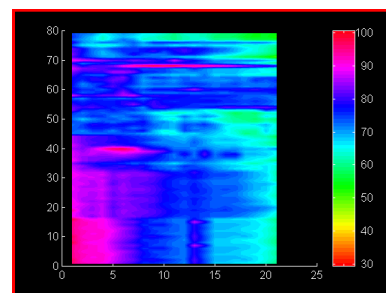
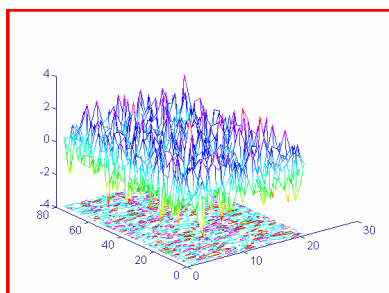
Estudio para la disminución de los niveles de ruido generados por el tráfico en un tramo de la Ronda de Dalt de Barcelona de aproximadamente 300 metros de largo. Fases del estudio: diagnóstico del ruido, elaboración de un modelo acústico y propuesta de soluciones de barreras acústicas.



- *Estudio del impacto acústico del paso del tren de alta velocidad (AVE) por la Sierra del Guadarrama (tramo Segovia - Soto del Real). Previsión de los niveles de ruido, pulso de presión a la entrada en túneles, impacto acústico de las obras de construcción del túnel y vías, y diseño de soluciones. Inimasa.*
- *Desarrollo de un método de inversión de modelos con la finalidad de determinar las contribuciones de las distintas fuentes de ruido de una fábrica textil en su entorno en Anglés, Girona. Antex.*
- *Medición del impacto vibratorio en las instalaciones de Tarragona de la empresa NorControl debido al paso del tren. Norcontrol.*
- *Realización de múltiples mediciones in situ de Aislamiento y Absorción de Barreras Acústicas en Francia según Norma Francesa.*
- *Estudio del impacto acústico del paso del tren por el centro de la ciudad de Girona. Previsión de niveles y cálculo de soluciones. Ajuntament de Girona.*
- *Estudio de impacto medio ambiental para reducir el ruido en dos zonas de la central de Proquimed y aportación de soluciones. Productos Químicos del Mediterráneo S.A.*
- *Impacto Medioambiental debido al funcionamiento de 8 salas polivalentes repartidas por la Villa de Montauban. Pz Toulouse.*

- *Aplicación de un método de inversión de modelos en la factoría AGA-Toulouse (Portet sur Garonne), Francia, para determinar las contribuciones de las fuentes de ruido en distintos puntos de control y vecinos afectados. Estudio realizado con la factoría funcionando a pleno rendimiento. Buereau-Veritas.*

Realización de mediciones del nivel de presión sonora en el entorno próximo de la factoría y en varios puntos de control en las zonas más posiblemente afectadas. Aplicación del método de Inversión de modelos para determinar la potencia acústica de los emisores de ruido exterior de la planta de producción de AGA situada en Toulouse.



## INDUSTRIAL

- *Asesoría e ingeniería acústica en el marco del proyecto de diseño de nuevos centros audiovisuales de control de seguridad. LOOP Business Innovation.*

Estudio acústico para definir un equipo emisor de audio que pueda garantizar las condiciones más óptimas de escucha sin crear molestias al resto de los presentes. Realizado mediante un análisis del sistema actual caracterizando las prestaciones del sistema de emisión en términos de directividad: respuesta en frecuencia, y en consecuencia evaluar los indicadores de inteligibilidad adaptada a la aplicación.

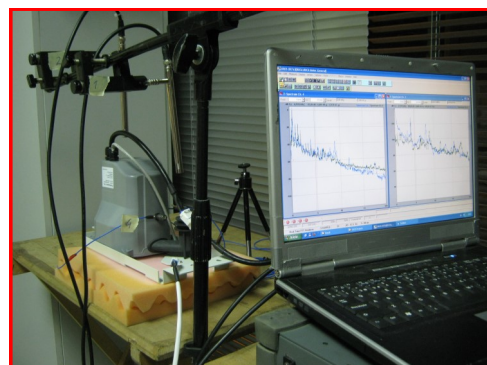


- *Estudio del comportamiento acústico de cada una de las partes de una industria en pleno rendimiento. Cliente confidencial.*

Mediciones y estudio de la importancia de cada una de las fuentes potenciales de ruido. Separación de éstas mediante métodos teóricos propios, elaboración de un modelo acústico informatizado capaz de reproducir la situación real y la situación modificada. Propuesta de soluciones y diseño constructivo. Especificaciones de los materiales y pruebas de control en la instalación final.

- *Estudio y asesoramiento acústico en la fase de diseño de un soplante de Roca. Roca.*

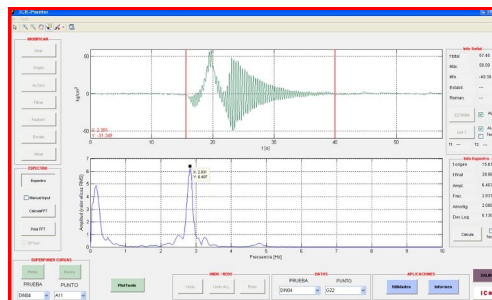
ICR ha asesorado al cliente durante el proceso de diseño con la propuesta de mejoras acústicas y con la sugestión de prototipos alternativos. El objetivo ha sido acondicionar el motor para reducir el nivel de ruido emitido y los tonos molestos para el oído.





- *Personalización de software ICR-Puentes para el tratamiento de señales de vibración de puentes según las necesidades del cliente. Ofiteco S.A.*

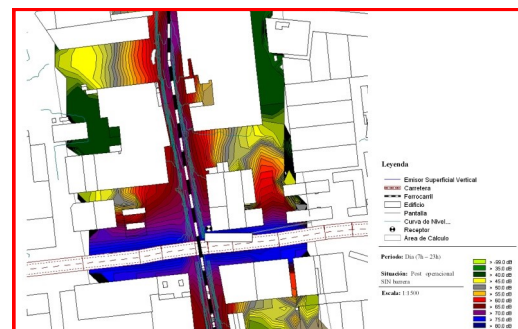
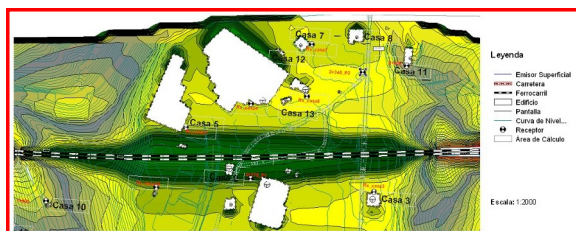
Software de tratamiento, análisis y visualización de señales de vibración de puentes que permite la modificación y el análisis de las señales medidas durante las pruebas de carga de los puentes, y a posteriori, genera automáticamente informes personalizados.



- *Control y seguimiento de los niveles de vibración en el interior de una industria causados por las obras del AVE en el polígono industrial Pla sota el Molí de Montmeló. Cliente confidencial.*
- *Medidas sonométricas llevadas a cabo para evaluar el impacto acústico debido al funcionamiento de un grupo electrógeno. Sociedad Mercantil Estatal TVE, S.A.*

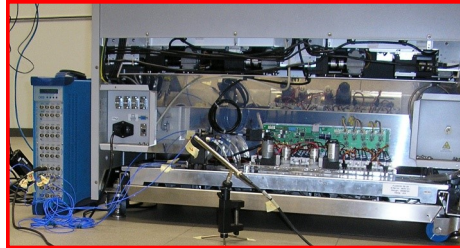
- *Estudio de previsión de los niveles sonoros producidos por la línea de alta velocidad Vitoria – Bilbao – San Sebastián, en su paso por el Viaducto de Mañaria, término de Durango, Vizcaya. Ineco Tifsa.*

Estudiar con puntos receptores, todas aquellas áreas y/o edificios del entorno del viaducto sensibles a los niveles sonoros producidos por la circulación de los distintos trenes, con la finalidad de hacer una previsión acústica que contemple el cumplimiento a lo establecido en la normativa DIA formulada por el correspondiente estudio informativo del "Proyecto de la nueva red ferroviaria en el País Vasco" por la Secretaría General de Medio Ambiente mediante la resolución de 22 de octubre de 2000 (B.O.E. n.º226, de 6 de noviembre de 2000).



- *Estudio para reducir el ruido de una pequeña bomba industrial. Laboratorios Grifols S.A.*

Para reducir el ruido producido por una bomba incorporada en una máquina de análisis clínico, el primer paso ha sido realizar varias medidas acústicas y vibratorias para caracterizar la fuente acústica, así como determinar las vías de transmisión estructurales y acústicas del ruido. Diseño de la solución correctora del problema.



- *Medida del coeficiente de absorción (alfa energético) con tubo de Kundt de distintos materiales. Texsa.*

Realización de mediciones de caracterización acústica (impedancia acústica y coeficiente de absorción) de distintos materiales de la empresa Texsa, S.A, basadas en las especificaciones dadas por la normativa UNE-EN ISO 10534-2 para medidas con tubo de Kundt según el método de las funciones de transferencia.

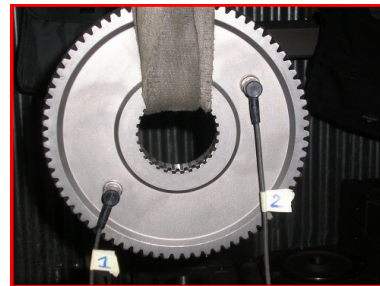
- *Estudio vibro-acústico para la impresora de gran formato correspondiente al proyecto Taj Mahal. Hewlet Packard.*
- *Estudio acústico mediante Inversión de Modelos en la filial de KAO Corporation S.A. en Barberà del Vallès. KAO Corporation S.A.*

El presente estudio ha tenido como objetivo estudiar y ofrecer soluciones acústicas para reducir el ruido interior en la fábrica de KAO mediante un estudio de Inversión de Modelos.

La Inversión de Modelos es una técnica matemática nacida en la geofísica y trasladada al campo de la vibro-acústica por ICR. Este método de cálculo permite conseguir, a partir del estudio de la relación causa efecto, la causa de un problema vibro-acústico a partir del análisis de su efecto inmediato.

- *Caracterización vibro-acústica de una 'polipasto'. Industrias Electromecánicas GH.*

Análisis de las Vías de Transmisión de uno de los equipos "polipasto" fabricado por Industrias Electromecánicas GH con la finalidad de poder cuantificar cada una de las fuentes de ruido y vibraciones que lo componen y de esta manera poder determinar el proceso óptimo para la reducción del nivel de ruido generado por todo el conjunto. A posteriori, propuesta de modificaciones para reducir el ruido final recibido.

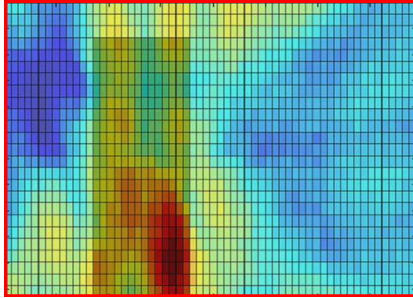


- *Estudio acústico para la reducción del nivel de ruido de un motor de la empresa Abamotor mediante el diseño de un nuevo silenciador más eficaz. Tekniker-Abamotor.*
- *Evaluación del posible impacto sonoro, tan interno como externo, en las instalaciones de Ashland. Ashland Chemical Hispania S.L.*
- *Estudio del comportamiento vibratorio de máquina-herramienta para Recman. Applus.*
- *Estudio del comportamiento dinámico del suelo de la planta de producción de PURAC Bioquímica por la acción de la maquinaria elevadora-secadora de producto. Diseño y cálculo de modificaciones para la variación de este comportamiento. Technip Coflexip y Purac Bioquímica.*



- *Estudio de la emisión de ruido de las puertas automáticas de un ascensor. Selcom Aragón.*

Mediciones acústicas y estudio según metodología TPA realizados sobre una puerta automática para ascensor con el fin de diagnosticar el origen del ruido de la misma, y a su vez, cuantificar la contribución al ruido total proveniente de cada parte del ascensor. Propuesta de soluciones.



## AUTOMOCIÓN

- *Reducción del ruido interior de un autobús híbrido. Castrosua.*

Medida simultánea de los niveles de vibración de la bomba hidráulica de dirección del vehículo y sus soportes en el exterior del vehículo, y la presión acústica en varios puntos tanto en el interior como en el exterior. A partir de este punto, diagnosticar las causas de la transmisión del ruido desde su origen hasta el receptor y proponer las soluciones más óptimas.



- *Estudio acústico para la caracterización de una cámara reverberante. Ficosa.*
- *Contribuciones de las distintas fuentes al ruido en un conjunto de puntos exteriores y diseño de soluciones para el vehículo Ausa CH-350. AUSA, Automóviles Utilitarios S.A.*

- *Estudio para reducir la emisión de ruido en la circulación de un remolque con contenedores de carga en Sant Boi de Llobregat, Barcelona. Llinás e Hijos S.L.*

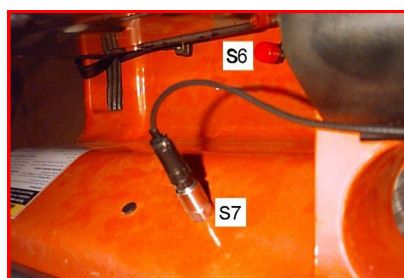
Con la finalidad de reducir el ruido que se genera durante la circulación de uno de los remolques transportando contenedores de carga, se realiza una medición el ruido del remolque moviéndose a distancias adecuadas tanto con el contenedor lleno como vacío. A partir de los resultados, se determinan las causas del ruido problemático y se diseña la corrección.



- *Análisis de vías de transmisión: contribuciones vía aérea y estructural de las fuentes vibro-acústicas al ruido percibido por el conductor y en un punto exterior. AUSA, Automóviles Utilitarios, S.A.*

Evaluación de las contribuciones de los diferentes subsistemas del modelo CH-150 al ruido recibido en la posición del conductor y en un punto exterior, con el objetivo de determinar las modificaciones necesarias al vehículo para disminuir el nivel de presión sonora recibido en estos dos puntos.

Realización de medidas con el vehículo parado según la metodología del TPA para conocer cuánto ruido proviene directamente de los agujeros y qué parte proviene de la vibración de la estructura.



- *Caracterización del motor mediante el método de las movilidades y el descriptor de fuentes. Potencia vibratoria inyectada en la carrocería. AUSA, Automóviles Utilitarios S.A.*

Determinación de la potencia vibratoria transmitida desde el motor a la carrocería del vehículo CH-150 de AUSA, a través de sus diferentes puntos de unión.

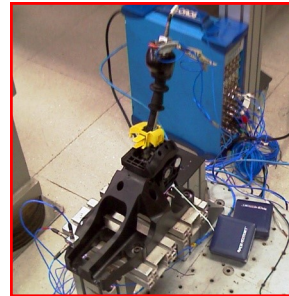
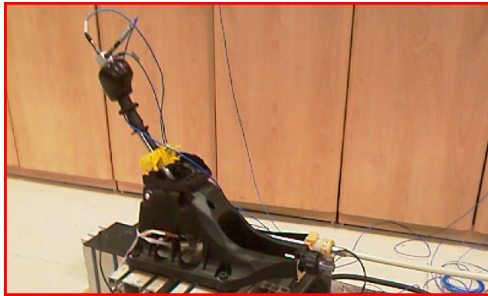
Evaluación de la potencia transmitida por los principales puntos de unión motor-carrocería utilizando el Método de las Movilidades y del Descriptor de Fuente, permitiendo encontrar alguna solución que reduzca el nivel de vibraciones actual.

- *Diseño de soluciones acústicas para las cabinas de revisión final de VW en Pamplona, Iruña. Volkswagen.*

- *Estudio vibro-acústico completo en uno de los cambios de marcha del automóvil (caracterización, modelización numérica y diseño de soluciones). Ficsa.*

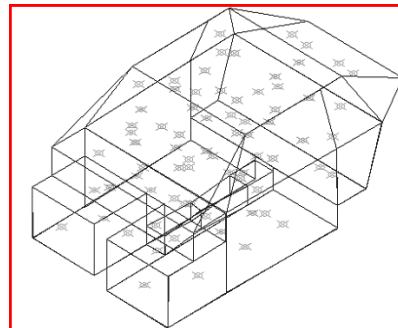
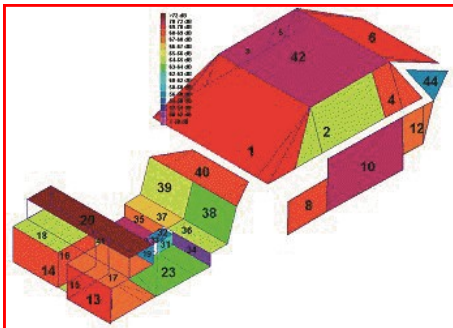
Elaboración de una aplicación informática confeccionada en lenguaje Matlab, de forma que a partir de los datos suministrados por el usuario pueda llegar a realizar los cálculos para la caracterización de sus cambios de marchas y la representación de los resultados obtenidos.

Caracterización completa de un sistema de cambio de marchas que permita establecer las modificaciones necesarias para conseguir los requerimientos vibro-acústicos que el cliente establece para estos mecanismos.



- *Inversión de modelos para determinar la potencia acústica de los paneles de la cabina de un coche en el rango de media y alta frecuencia. Ferrari.*

Medición de presión acústica en distintos puntos y en condiciones de funcionamiento controlado del modelo Ferrari 456. Aplicación de la metodología de Inversión de modelos con el fin de conocer el nivel de ruido de cada una de las superficies del habitáculo para poder tratarlo y a su vez, predecir la mejora obtenida con las modificaciones realizadas.



# **PROYECTOS DE I+D**

**INVENT (OMA)**

**LEVIS (LAUNCHER EQUIPMENT  
VIBRATION SPECIFICATION)**

**VITRASO**

**DRAIMFP (MEJORAS EN EL RUIDO  
DE LOS AEROGENERADORES Y  
MÉTODOS FIABLES DE PREVISIÓN)**

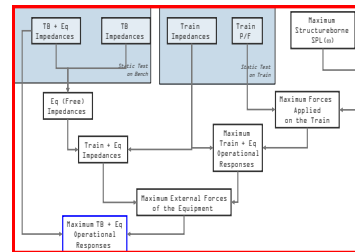
**SOME-ECO (SOUND METEOROLOGICAL  
ENVIRONMENTAL CORRELATION)**



- *Proyecto InVent– Análisis Modal Operacional (OMA). Ecotècnia*

- *LEViS (Launcher Equipment Vibration Specification). Proyecto de investigación realizado en colaboración con Alstom Transport con el objetivo de diseñar y desarrollar un software a medida para el cliente capaz de especificar los niveles máximos de ruido y vibraciones de los equipos instalados en un tren. Alstom Transport.*

El resultado final es una herramienta de software desarrollada en Matlab (LEViS) que proporciona al usuario tanto la predicción del nivel de presión sonora generado por los equipos auxiliares por vía estructural como las especificaciones vibratorias para los proveedores de equipos. Actualmente, se está desarrollando la fase II del proyecto.



- *Proyecto Vitraso. Estudio de investigación para determinar las vías de transmisión de ruido y vibraciones entre fuentes y receptores. El objetivo ha sido solucionar los problemas de análisis existentes para determinar las contribuciones entre fuentes directas e indirectas de ruido en edificios según la normativa UNE EN ISO 12354, que marca las directrices para calcular el aislamiento entre recintos. FCC, Applus, centro Tecnológico IMAT y la Salle Bonanova.*

*Para cumplir con este objetivo se ha aplicado el método ATPA (Advanced Transfer Path Analysis Method), basado en la noción de transmisibilidad directa o bloqueada e introducida por FX. Magrans (Method of measuring transmission paths. JSV, 74 (3):311-330, 1981).*

*El objetivo ha sido verificar la fiabilidad de la normativa UNE EN ISO 12354 para solucionar los problemas de ruido en edificios ya construidos y/o mejorar sus predicciones vibro-acústicas en la fase de diseño. Vitraso se encuentra actualmente en su fase final de desarrollo.*

- *Proyecto DRAIMPF (Mejoras en el Ruido de los Aerogeneradores y Métodos Fiables de Previsión). DRAIMPF es un estudio que ofrece alternativas viables para disminuir el nivel de ruido de un aerogenerador eólico.*

*Para poder cumplir con esta meta, DRAIMPF se ha marcado varios objetivos :*

- *Reducir el nivel de ruido generado por el paso de las palas del aerogenerador por delante de la torre.*
- *Definir uno o varios métodos para alterar la absorción del terreno logrando que tenga una absorción elevada a las frecuencias de interés.*
- *Desarrollo de un software aeroacústico para el ruido producido por el paso de las palas frente a la torre.*
- *Desarrollo de un software de propagación que integre de forma físicamente correcta la absorción del terreno (impedancia), el perfil de los vientos y el gradiente térmico.*
- *Protocolo de ensayo y software de Inversión de Modelos para determinar la absorción no homogénea del terreno.*

- *Proyecto SOME-ECO (Sound Meteorological Enviromental Correlation). SOME-ECO (Sound Meteorological Environmental Correlation) es un proyecto de investigación pionero liderado por ICR, Ingeniería para el Control del Ruido, con la colaboración de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) que surge de la necesidad actual de resolver los problemas de evaluación del ruido de fondo exterior.*

*Sus objetivos principales son correlacionar el ruido de fondo exterior con variables meteorológicas y cuantificar la correlación del ruido medido a corto plazo con su valor a largo plazo.*

*SOME-ECO pretende mejorar la caracterización del ruido de fondo y realizar previsiones de ruido mucho más precisas que las actuales con el fin de optimizar la potencia instalada en un parque eólico.*



- *Transferencia del método ATPA (Advanced Transfer Path Analysis Method) a Alstom Transport y CAF ( Construcciones y auxiliar de ferrocarriles).*

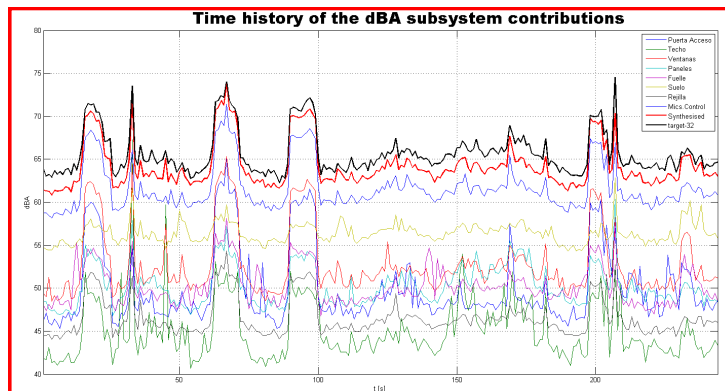
*Desarrollado por ICR, permite conocer de manera aislada las vías de transmisión de ruido y vibraciones de los elementos que forman parte de una estructura.*

*Esta transferencia de tecnología incluye una formación, una transferencia de Know-How y la preparación de un software específico adaptado a las necesidades del cliente.*

*- En una primera fase, ICR proporciona un curso de 50 horas en el que se definen las vías de transmisión a estudiar así como las bases teóricas que permiten aplicar el método en el rango de medias y altas frecuencias y los conceptos ligados al método de cálculo de los sistemas vibro-acústicos.*

*- En una segunda fase, el equipo de ICR trabaja conjuntamente con el equipo del cliente para transmitir la aplicación de los principios físicos del método, proporcionándole las herramientas necesarias para decidir por sí mismo. Esta transferencia de Know-How supone hacer ensayos conjuntos con el cliente y realizar el post proceso de los ensayos compartiendo métodos y resultados.*

*- Finalmente, ICR realiza el software necesario para aplicar el ATPA con los equipos de ensayo del cliente.*





- *Proyectos de investigación de financiación pública*

### **1-“ECO-PLAK: fase 1”**

Proyecto CIDEM de la Generalitat de Catalunya Duración: 1996-1997 El objetivo del proyecto fue diseñar nuevos materiales destinados a barreras acústicas para ferrocarril y carreteras a partir de materiales reciclados.

### **2-“Portable Sound Imaging”**

Proyecto ESPRIT de la Comunidad Europea Ref: ESPRIT 21 040 Duración: 1995-1998 Localización de fuentes de vibración mediante fotografía acústica a través de arrays de acelerómetros.

### **3-“STBM: Tunnel Boring Machines”**

Proyecto BRITE de la Comunidad Europea Ref: BRITE BE95-1735 Duración: 1995-1998 Determinación de las potencias acústicas de las fuentes de ruido en una máquina perforadora de túneles. Aplicación para la máquina que perforó el túnel de la Mancha.

### **4-“ECO-PLAK: Fase 2”**

Proyecto CIDEM de la Generalitat de Catalunya Duración: 1999-2000 Segunda fase del proyecto de diseño de barreras acústicas.

### **5-“PAASC: Software de Aislamiento Acústico en Sistemas Complejos”**

Proyecto CIDEM de la Generalitat de Catalunya Duración: 2000-2001 Desarrollo de un método teórico para el cálculo de aislamiento simple y múltiple. Aplicable a paredes simples, dobles y barreras.

### **6-“Reducción de ruido en productos ferroviarios mediante métodos experimentales avanzados. Fase 1”**

Proyecto PROFIT del Ministerio de Ciencia y Tecnología Ref: FIT-020300-2002-24 Duración: 2001-2002 Puesta a punto de un método de cálculo de las vías de transmisión de ruido y vibraciones para detectar las contribuciones del ruido en el interior de un ferrocarril.

### **7-“Reducción de ruido en productos ferroviarios mediante métodos experimentales avanzados. Fase 2”**

Proyecto PROFIT del Ministerio de Ciencia y Tecnología Ref: FIT-020300-2002-24 Duración: 2002-2003 Mejora del método empleado en la fase anterior.

Proyectos de I+D

**8- "MACIM: Modelos de Aeroacústica Computacional para la reducción del impacto medioambiental del ruido aerodinámico generado por vehículos"**

Proyecto P4 del Ministerio de Ciencia y Tecnología Ref: DPI2000-0431-P4-03 Duración: 2001-2004

**9- "AEROSIVE: predicción del ruido interior debido a la carga aerodinámica en vehículos: aeronaves y trenes de alta velocidad"**

Proyecto CIDEM de la Generalitat de Catalunya Ref: RDITCRD04-0074 Duración: 2004

**10- "Material acústico metálico"**

Proyecto CIDEM de la Generalitat de Catalunya Ref: RDITCRD05-1-0010 Duración: 2005 Aplicación de modelos teóricos de absorción acústica y su correlación con datos experimentales.

**11- "Desarrollo de nuevos materiales acústicos"**

Proyecto CIDEM de la Generalitat de Catalunya Ref: RDITCINN05-1-0023 Duración: 2005 Diseño de nuevos materiales acústicos a partir de residuos reciclables.

**12- "SAERVE: evaluación y mejora de la predicción computacional del ruido aerodinámico generado por vehículos"**

Proyecto CIDEM de la Generalitat de Catalunya Ref: RDITCRD05-1-0010 Duración: 2005 Predicción teórica del ruido aerodinámico generado por vehículos de alta velocidad.

**13- "FOTACU: desarrollo de tecnología para generar fotografía acústica"**

Proyecto CIDEM de la Generalitat de Catalunya Ref: RDITSIND06-1-0211 Duración: 2006-2007

**14- "Ciudad Multidimensional"**

Proyecto CIDEM de la Generalitat de Catalunya Duración: 2005-2007

- *Proyectos de investigación de financiación privada*

**1-“Cabin noise reconstruction at the mid-high frequency range” Empresa:**

Ferrari Auto (Italia) Duración: 1998 Aplicación del método de inversión de modelos para conocer las contribuciones de los paneles de ruido en el interior de un Ferrari.

**2-“META X:**

Análisis vibroacústico avanzado en ferrocarriles. Aplicación del método GTDT” Empresa: Alstom Transporte (Francia) Duración: 2001-2004

**3-“ORNVS-ATPA: OROS NVGate Solution-Advanced Transfer Path Analysis” Empresa:**

OROS (Francia) Duración: 2003-2005

**4-“Acoustic Blockage Detection Project” Empresa:**

ENI Technologie (Italia) Duración: 2003-2004

**5-“META W: Análisis vibroacústico avanzado en ferrocarriles. Nuevas tecnologías y métodos de cálculo” Empresa:**

Alstom Transporte (Francia) Duración: 2004-2005

**6-“META W:**

Análisis vibroacústico avanzado en ferrocarriles. Nuevas tecnologías y métodos de cálculo. Fase I.” Empresa: Alstom Transporte (Francia) Duración: 2006

**7-“EVS (Equipments Vibration Specification)”:**

diseño y desarrollo de una herramienta que especifique los niveles máximos de ruido y vibraciones de los equipos que se instalan en los trenes” Empresa: Alstom Duración: 2010 - 2012

**8-“Proyecto de investigación Vitraso:**

Diagnóstico y predicción de vías de transmisión del ruido en edificaciones” Empresa: Fomento de Construcciones y Contratas Duración: 2010-2012

**9- Proyecto “Invent de Análisis Modal Operacional (OMA)”:**

determinación de los modos propios de los aerogeneradores de forma automatizada a partir de mediciones con los aerogeneradores en operación. Realización de un software específico a medida para el cliente. Empresa: Ecotècnia Energías Renovables Duración: 2011-2012

**10- “ SOME-ECO (Sound Meteorological Environmental Correlation)”:**

estudio de la correlación entre las variables meteorológicas y el ruido de fondo exterior y cuantificación de los datos obtenidos en mediciones a corto plazo con su equivalente a largo plazo. Duración: 2012-2013



**ICR**

Ingeniería para el Control del Ruido

Berruguete, 52  
(Vila Olímpica de la Vall d'Hebron)  
08035 Barcelona  
Tel./Fax: +34 93 428 63 39  
E-mail: [icr@icrsl.com](mailto:icr@icrsl.com)  
[www.icrsl.com](http://www.icrsl.com)