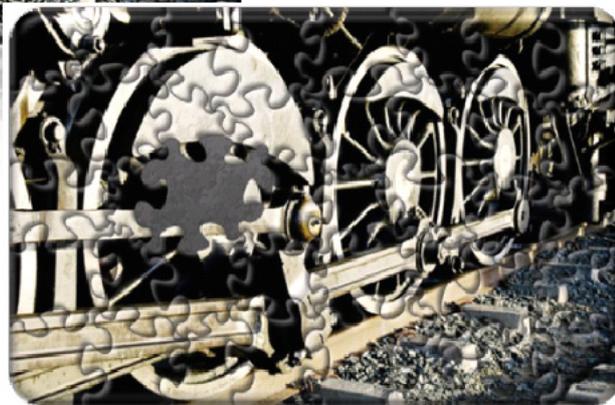


ATPA

Advanced Transfer Path Analysis Method



Información técnica



Advanced Transfer Path Analysis (ATPA) es una herramienta avanzada de diagnóstico vibroacústico en ferrocarriles que proporciona información sobre las vías de transmisión de ruido y de vibraciones y las contribuciones en el ruido interior de cada elemento de un tren. Esta información resulta imprescindible para identificar los componentes que deben ser modificados para conseguir el nivel de ruido interior deseado o requerido por el cliente.

El análisis vibroacústico es necesario cuando el fabricante de tren desea reducir el nivel de ruido interior en un vagón con el objetivo de lograr los requerimientos de confort acústico. El reto consiste en cuantificar correctamente las vías de transmisión de ruido y las contribuciones de cada elemento que forma la estructura de un tren (bogie, el motor, las uniones mecánicas, etc.) al ruido interior total.

El método ATPA proporciona información sobre las vías de transmisión de ruido y las contribuciones de ruido, ofreciendo respuestas numéricas a cuestiones relacionadas con los cambios necesarios a aplicar para reducir el ruido interior total en un tren.

El ATPA, desarrollado por ICR, es el único producto del mercado capaz de proporcionar información sobre las vías y las contribuciones de ruido considerando tanto las contribuciones coherentes como incoherentes. Por consiguiente, este análisis se puede aplicar en un rango de bajas y altas frecuencias.

El ATPA es actualmente el producto de referencia de los principales fabricantes europeos de material rodante, siendo la herramienta principal para el diagnóstico vibroacústico de sus productos. Pero la gran versatilidad del método ha permitido extender su uso a cualquier sector industrial con necesidad de mejorar sus prestaciones vibroacústicas.



El origen del método ATPA radica en la necesidad de resolver dos problemas diferentes.

- El primer problema consiste en cuantificar las contribuciones de cada parte de un sistema de vibración al ruido total medido en una localización determinada (ver fig. 1 problema A).
- El segundo consiste en determinar el ruido producido por cada una de las fuerzas que actúan en un sistema mecánico (ver fig. 1 problema B).

En los años 60, el método utilizado para resolver el problema A era el método Strip Tease. Para obtener las contribuciones de cada elemento vibratorio de una estructura con el método Strip Tease, se cubrían con mantas aislantes las superficies vibratorias del objeto con mayor ruido. Seguidamente, se descubrían las superficies vibratorias, una por una, y las contribuciones de cada superficie se deducían de las mediciones.

Desde entonces, el método Strip se ha aplicado en motores, coches en su conjunto o, incluso, en vagones de trenes.

Un caso típico del problema B consistía en estimar las contribuciones del ruido interior de cada uno de los soportes del motor de un coche. Para resolver este problema, el método práctico era desmontar el motor del coche y después juntar los soportes de cada uno

No obstante, estos métodos puramente experimentales tienen varias desventajas:

- La planificación de estos ensayos requiere mucho tiempo.
- Las modificaciones reales a aplicar con el fin de bloquear o desconectar algunas fuentes puede afectar al comportamiento activo de las fuentes de ruido y proporcionar resultados imprecisos.

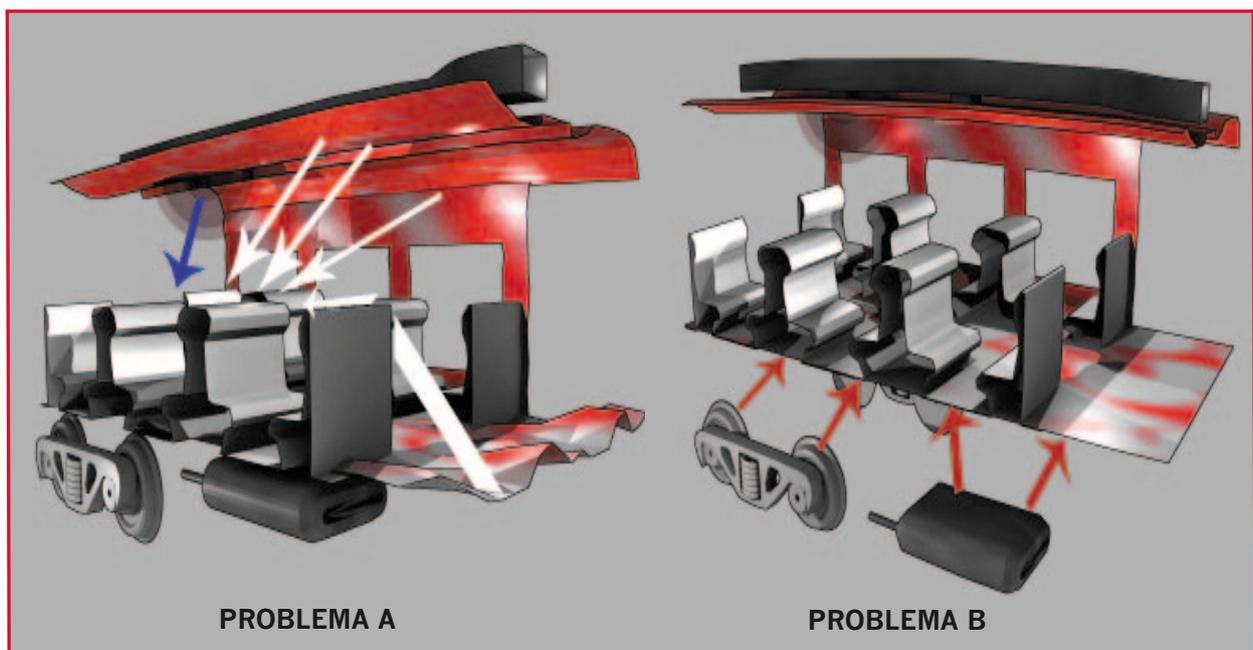


Fig. 1. El origen del ATPA.

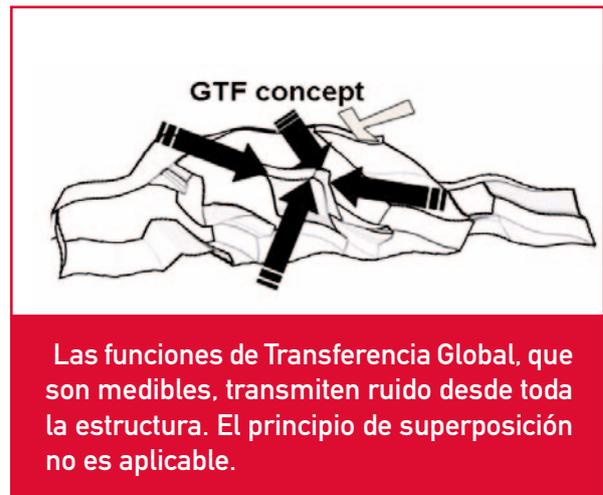
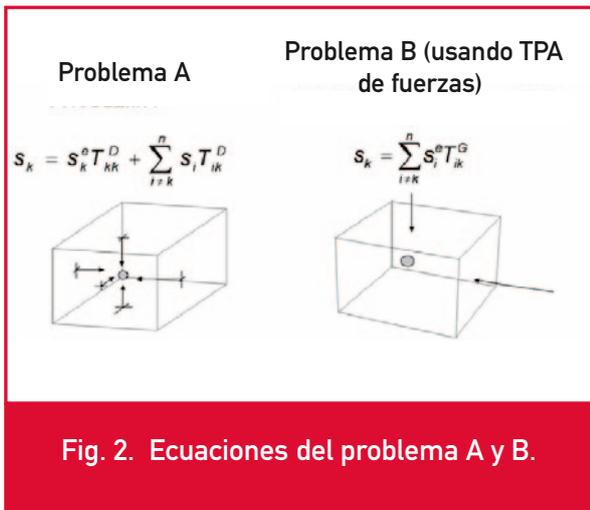
Soluciones TPA y ATPA

La solución a los problemas A y B parte de la observación de que corresponden a la descripción del ruido final en términos del principio de superposición.

En la figura 2, la ecuación sobre la caja superior izquierda describe la señal final (ruido, aceleración o equivalente) como la superposición de los efectos de las demás señales mas una parte residual (problema A). La ecuación situada sobre la caja de la derecha describe esta misma señal así como la superposición de los efectos de las fuerzas aplicadas sobre todas las caras de la caja (problema B).

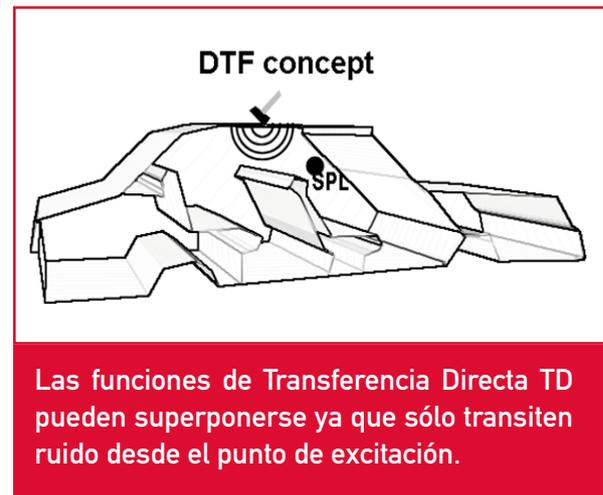
requiere sólo un día y medio con el ATPA, que es mucho menor que los métodos clásicos.

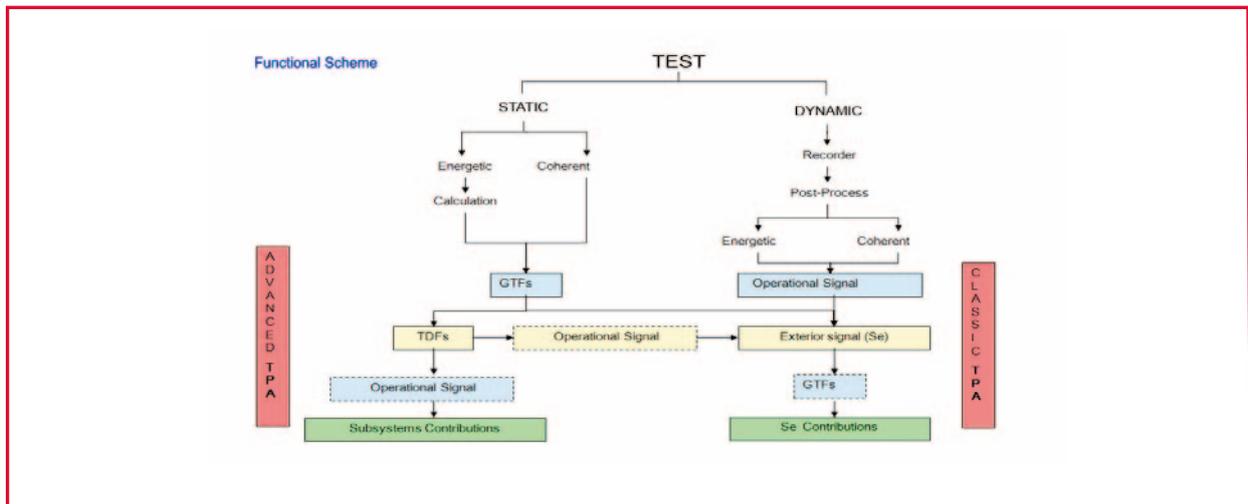
Ambos métodos, TPA y ATPA arrancaron con la publicación del artículo F.X. Magrans, *Method of measuring transmission paths*, *Journal of Sound and Vibration* 74 (3), pp. 321-330 (1981) donde se detallan las ecuaciones que relacionan la función de transferencia realmente medible con la que necesitamos en el ATPA llamada Transferencia Directa (factores TD en las ecuaciones), así como las que relacionan la señal y la señal exterior con dichas funciones de transferencia



Las ecuaciones que describen la señal en función de las otras señales son la base del ATPA (problema A) mientras que las que lo hacen en función de las fuerzas fundamentan el TPA (problema B).

En el ATPA no se miden fuerzas, todas las mediciones son de aceleración o ruido. Esta característica permite reducir el tiempo de los ensayos, ya que el ATPA no necesita desmontar la fuente de ruido (por ejemplo el motor) a diferencia del TPA de fuerzas. Por ejemplo, una medición con 48 canales (48 subsistemas)





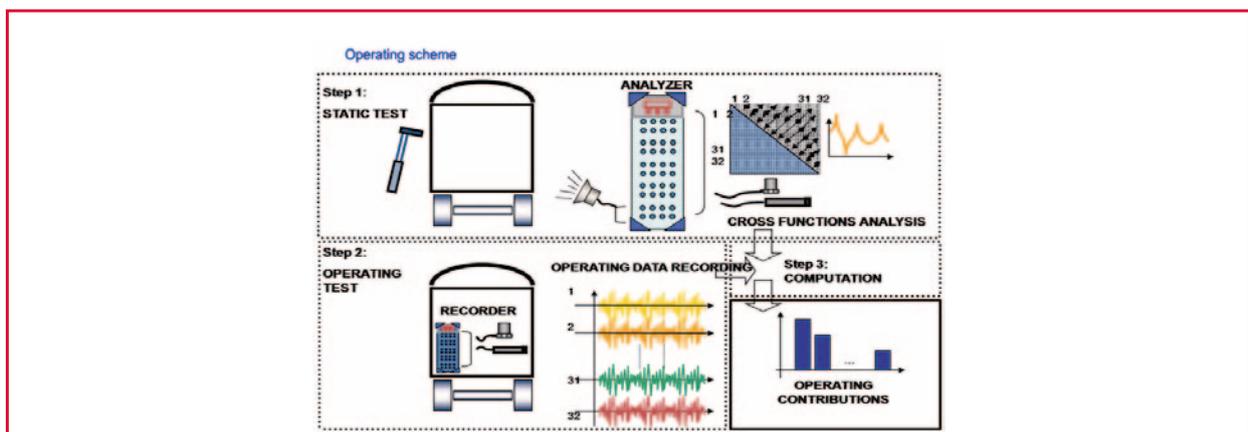
El método tiene dos partes principales. El test estático, en el que se caracteriza la estructura y el test dinámico, donde se mide el resultado de las excitaciones reales sobre dicha estructura.

Otra ventaja del ATPA es su capacidad de medir tanto en baja frecuencia de modo coherente como en medias y altas frecuencias con adición incoherente. Ésto permite la reconstrucción del ruido mediante las contribuciones de cada componente en todo el rango de frecuencia de interés.

En el esquema funcional de a continuación, se observa como en la primera rama la realización del ensayo estático (que puede ser coherente o energético) se miden las GTF (Global Transfer Function) y se calculan las DTF (Direct Transfer Function).

La segunda rama representa el ensayo dinámico que deberá procesarse de distinta forma dependiendo si se requiere un ATPA coherente o no. Finalmente, se pueden obtener las SE (Señales Exteriores) equivalentes a la respuesta del sistema a las fuerzas externas aplicadas sobre él y las contribuciones de cada subsistema al ruido interior del tren.

La realización del ensayo requiere la medida simultanea de un gran número de espectros cruzados mediante la utilización de un sistema multicanal o no. El ensayo dinámico supone la medida de las aceleraciones sobre todos los subsistemas de forma simultánea y, por lo tanto, obliga a utilizar un multicanal a menos que la excitación sea suficientemente estable. obliga a utilizar un multicanal a menos que la excitación sea suficientemente estable.



¿Por qué elegir ATPA? ATPA y otros métodos

TPA de fuerzas y ATPA

TPA de fuerzas	ATPA (Advanced Transfer Path Analysis)
<ul style="list-style-type: none"> El TPA de fuerzas sólo proporciona información de las contribuciones coherentes (baja frecuencia). 	<ul style="list-style-type: none"> ATPA es el único producto capaz de proporcionar información de las contribuciones en todo el rango de frecuencia, trabajando tanto en coherente como en energético.
<ul style="list-style-type: none"> El TPA de fuerzas implica tiempo para desmontar parte del sistema generador de fuerzas y puede provocar cambios fundamentales en la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> ATPA es un método fácil y rápido. También permite realizar mediciones sin desmontar nada.
<ul style="list-style-type: none"> El TPA trabaja con la técnica de Modelo de Inversión, de forma que no es capaz de identificar los caminos del ruido y las vibraciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ATPA tiene un margen dinámico de 40 dB como mínimo que permite cuantificar los caminos de transmisión del ruido y las vibraciones y proporcionar información física de estos.

Método de reciprocidad y ATPA

Método de reciprocidad	ATPA (Advanced Transfer Path Analysis)
<ul style="list-style-type: none"> Los resultados de los métodos de LMS y Brüel & Kjaer sólo representan la realidad cuando los paneles no están conectados, si no, los resultados obtenidos no se pueden superponer. El método de Microflown es perfecto en la teoría pero el resultado obtenido no es el esperado. Esto se expresa con la siguiente fórmula: $p_k = \sum_i \lambda_i p_i + \beta_i a_i$ <p style="margin-left: 40px;">p_i es la presión antes del subsistema i</p> <p style="margin-left: 40px;">a_i es la aceleración en el subsistema i</p> <p>En este caso β_i es el ruido que producirá en el micrófono k una aceleración unidad del subsistema i cuando la aceleración en todos los demás sea cero y la presión frente a todos, incluido él mismo, sean cero.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ATPA identifica los elementos que contribuyen al ruido total como hace el "Strip Tease", que aplica el principio de superposición. Esto se explica con esta fórmula: $p_k = \sum_i \alpha_i a_i$ <p style="margin-left: 40px;">a_i es aceleración del subsistema i</p> <p style="margin-left: 40px;">α_i es la transferencia directa desde el subsistema i al</p> <p>α_i es el ruido producido por el micrófono k por una aceleración con valor de unidad ($\alpha_i = 1$) cuando la aceleración en los otros puntos sea cero.</p> <p>α_i es el ruido producido en el micrófono k debido a la vibración del subsistema i en condiciones reales de funcionamiento. α_i son los valores que analiza ATPA.</p>



¿Qué obtendrá con el método ATPA?

- Conocer y disminuir la contribución de cada una de las fuentes de ruido que existen en cada elemento del tren.
- Obtener una buena caracterización del ruido y las vibraciones. Esto le permitirá aislarlos y modificarlos satisfactoriamente según sus necesidades.
- Conocer por separado las contribuciones del ruido aéreo y el ruido estructural.
- Durante la etapa de oferta/especificación de un nuevo tren, los resultados obtenidos mediante un ensayo ATPA en un modelo existente de características similares, sirven para la predicción del nivel de ruido.
- Conocer, por ejemplo, el ruido radiado por una ventana cuando viene de cada punto de contacto bogie-coche y cuando viene del exterior del tren.

Casos reales

Resolver un problema de vibraciones no es una tarea difícil SI y sólo SI conocemos las contribuciones cuantificadas de cada parte del problema.

Esto se puede explicar mediante multitud de ejemplos. Alguno de ellos puede verse a continuación:

- Una gran empresa fabricante de trenes cambió las ventanas de un modelo de los trenes que producía. El objetivo era reducir el nivel sonoro en el interior del mismo. La nueva ventana aislaba prácticamente en todas las frecuencias 6 dB más que el anterior modelo. El resultado fue que el tren era tan ruidoso como antes de hacerse el cambio. La razón fue que en el margen de frecuencias que más influía en el ruido de aquel modelo (500 a 800 Hz) las rendijas de las puertas eran las principales fuentes de ruido. No conocer la contribución de las ventanas al ruido total fue la razón del innecesario gasto. El ATPA habría informado sobre dichas contribuciones con el consiguiente ahorro.
- Una Industria molestaba a las viviendas vecinas. Aislaron las fuentes exteriores mas ruidosas, Compresores, Ventiladores y motores Diesel, especialmente su tubos de escape. Para ello, se utilizaron cabinas acústicas testeadas para aislar 30 dBA para un ruido blanco y silenciadores reactivos de escape calculados para atenuar 20 dBA para los espectros reales de los motores medidos a 3 m del escape. El resultado fue que después de gastar muchísimo dinero en soluciones realmente buenas desde el punto de vista Acústico el ruido en el entorno se atenuó sólo en 4 dBA. La razón fue de nuevo que había una fuente importante, las paredes de la nave industrial de chapa, que producía un ruido sólo 4 dBA inferior al conjunto. Mucho mejor habría sido no invertir tanto dinero en insonorizar las fuentes exteriores con soluciones caras y aplicar soluciones capaces de reducir 10dBA solamente, pero a todas las fuentes exteriores incluidas las paredes de la nave. De nuevo el problema fue no conocer previamente las contribuciones de cada parte del problema. El ATPA habría evitado el error y su coste inútil.

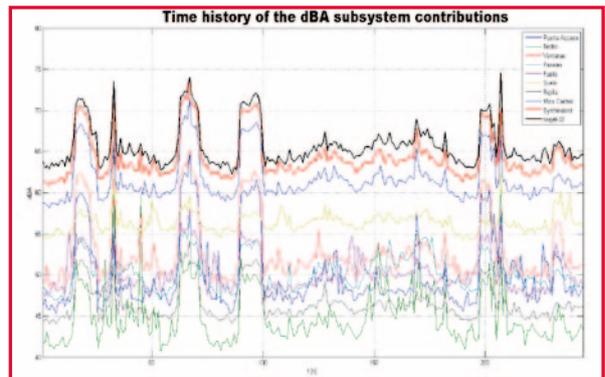
Ferrocarriles



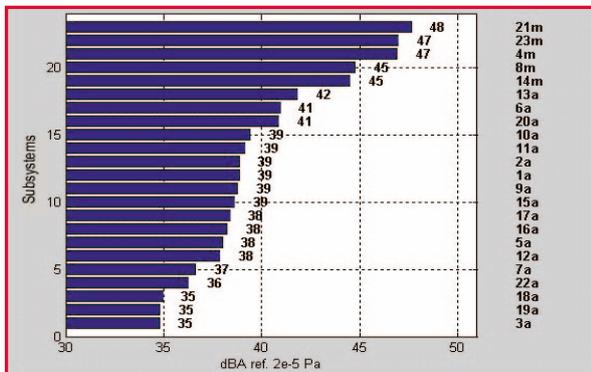
Estudio ATPA en un tren.

Contribuciones al ruido interior en un tren.

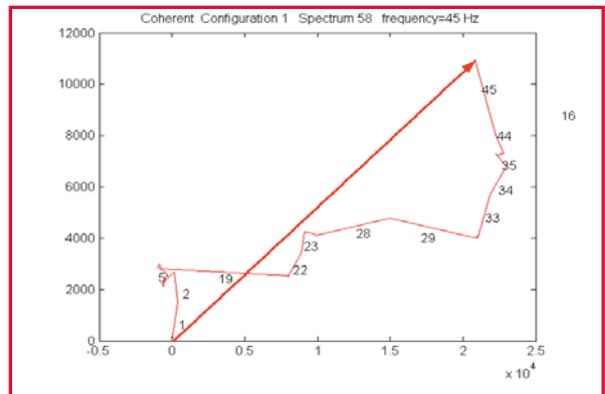
En los trenes, el ATPA nos permite conocer la contribución de los paneles, el ruido que procede de cualquier punto de enganche del bogie con la carrocería e incluso qué parte del ruido entrado a través de cada punto de enganche, se radia a través de cada panel. También es posible separar la contribución estructural y la contribución aérea sabiendo por ejemplo qué parte del ruido procedente de una ventana es debida a la transmisión de vibraciones desde otras partes del coche (contribución estructural), o del ruido aéreo del exterior del coche



Paneles estructurales.



Contribuciones no coherentes de cada subsistema [dBA].

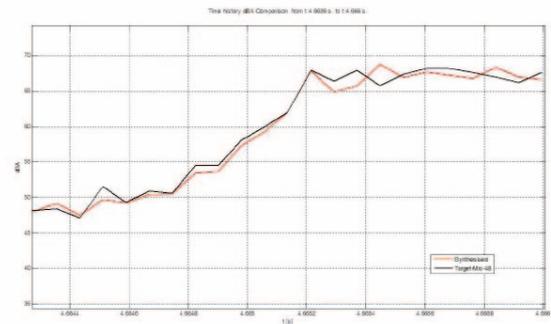
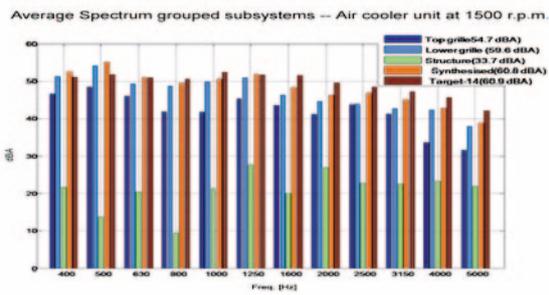


Contribuciones coherentes desde 45 Hz hasta 45 subsistemas.

Energía eólica



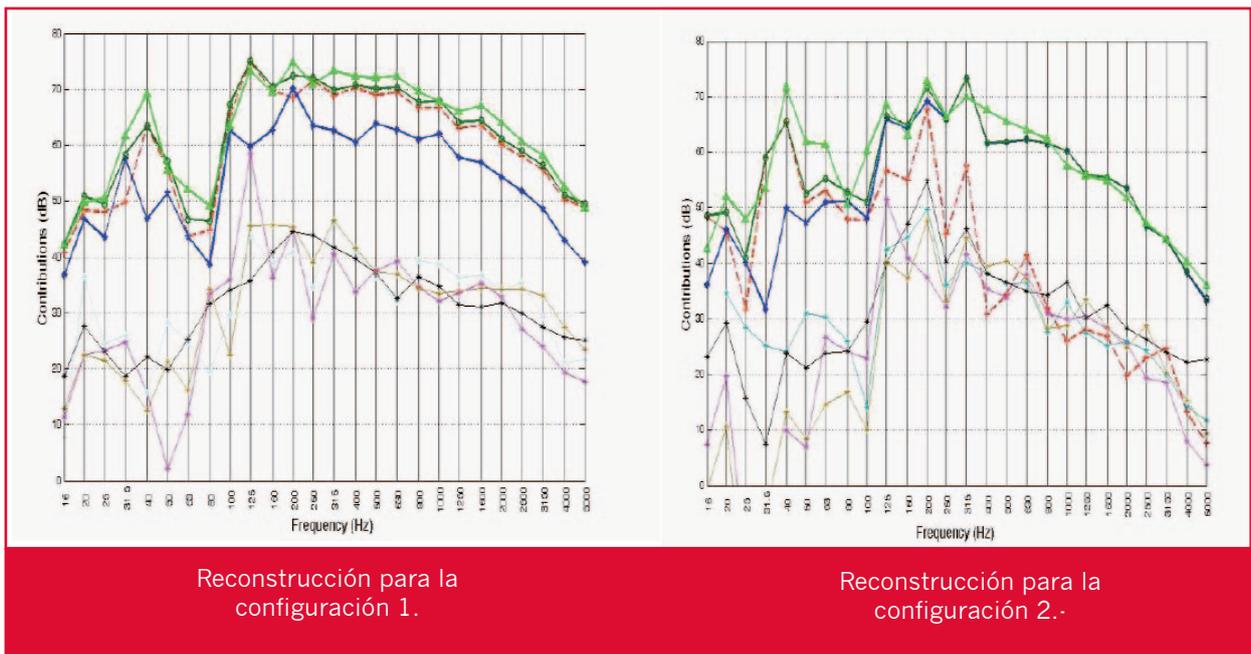
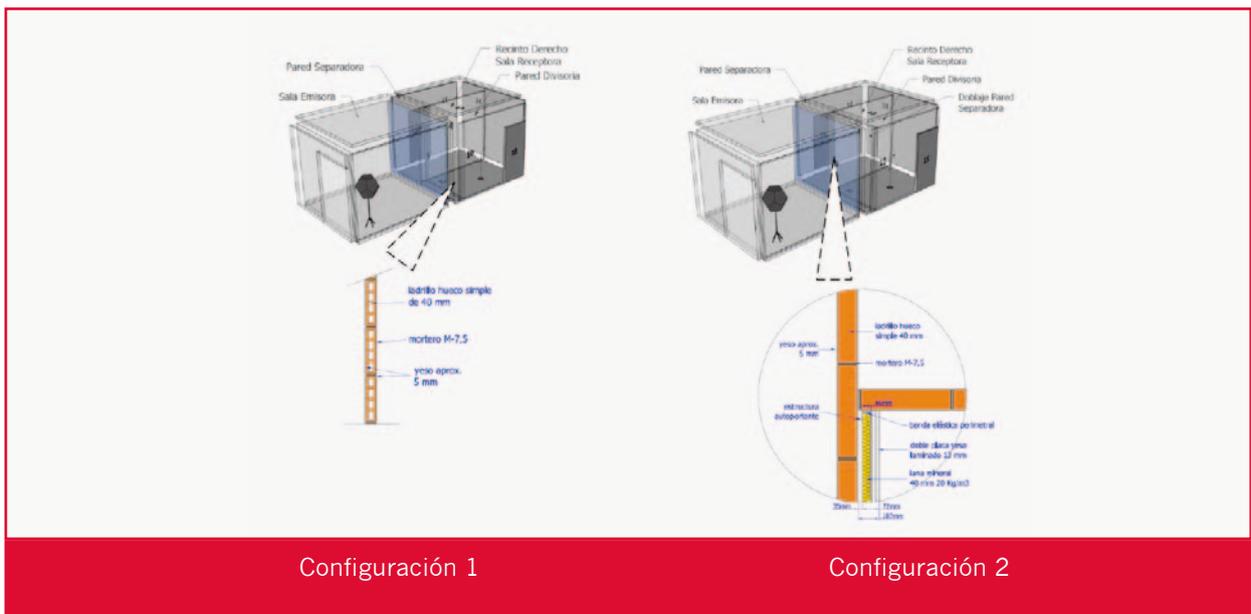
Contribución de dos bocas de ventilación y la estructura en el ruido producido por un aerogenerador.



El azul claro y el azul oscuro representan las contribuciones de las bocas de ventilación, el verde la contribución de los paneles de la góndola, el marrón claro la suma de las contribuciones y el marrón oscuro el espectro realmente medido.

Construcción

Proyecto de investigación Vitraso: predicción de las vías de transmisión de ruido y vibraciones en edificios. El objetivo del estudio es resolver los problemas existentes para determinar las contribuciones de las fuentes de ruido directas e indirectas según la normativa UNE EN ISO 12345. Proyecto liderado por FCC (Fomento de Construcciones y Contratas) con la colaboración de ICR, Applus, IMAT y la Salle Bonanova (universitat Ramon Llull).

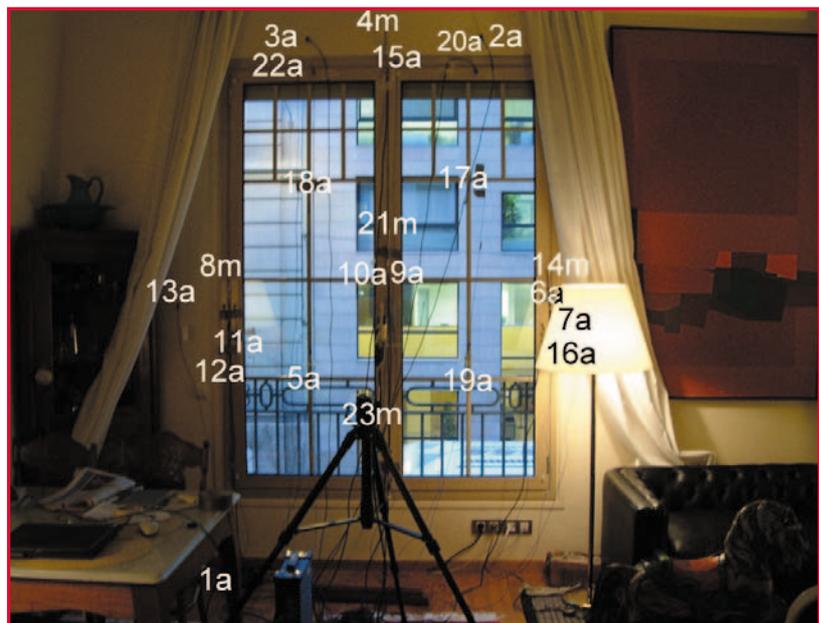
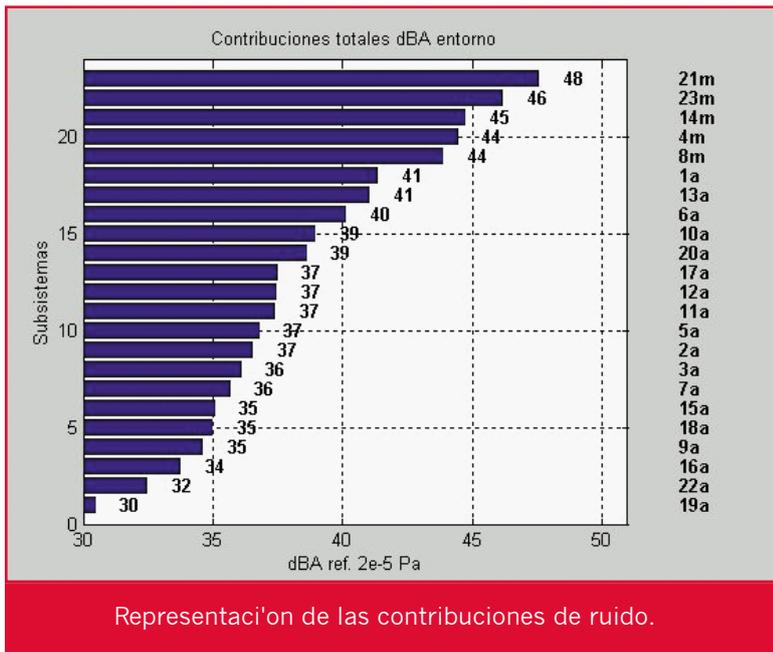




EJEMPLOS DE USO

Estudio de las vías de transmisión de una ventana a través del marco, juntas de la ventana con el marco, juntas de los cristales con el marco, cristales, manecilla etc.

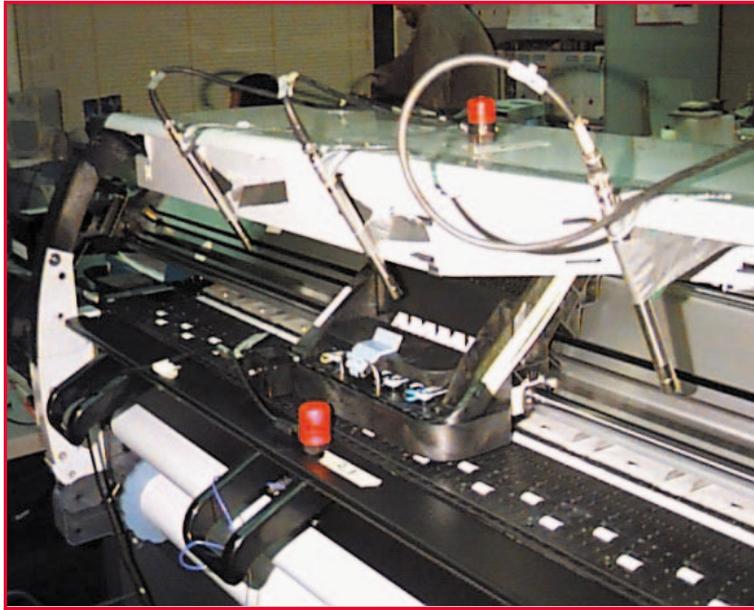
Contribuciones no coherentes en dBA de cada uno de los subsistemas.



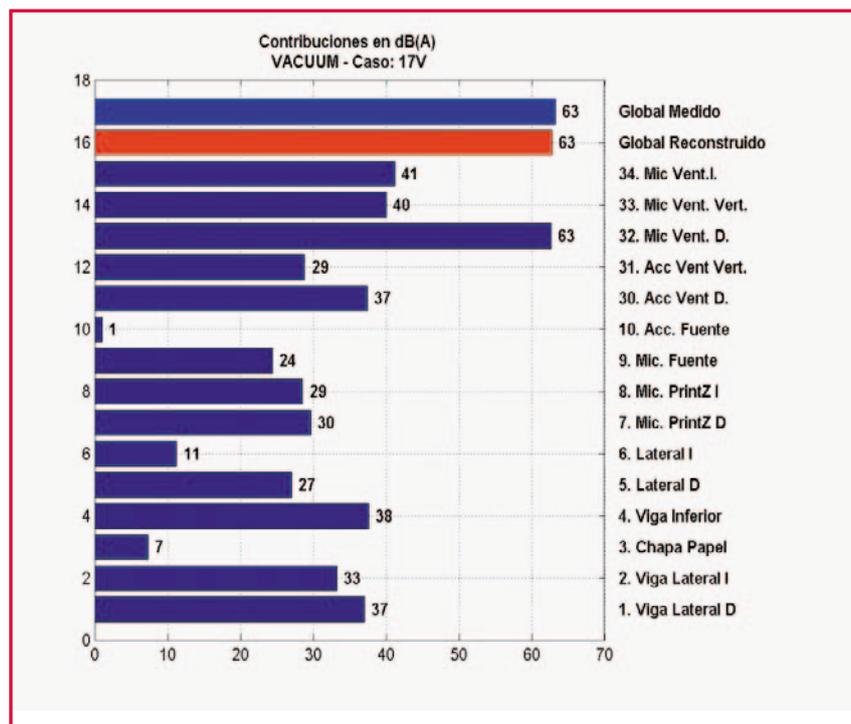
Noise measurements subsystems.

Plotter

Análisis de las vías de transmisión de ruido y fotografía acústica en un plotter de largo formato. Proyecto Taj Mahal para Helwet Packard. El objetivo fue reducir el ruido radiado por el plotter.

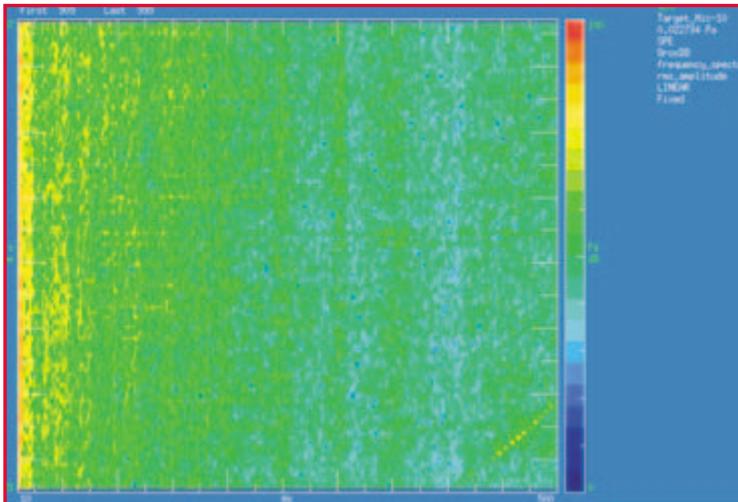


Resultados [dBA]

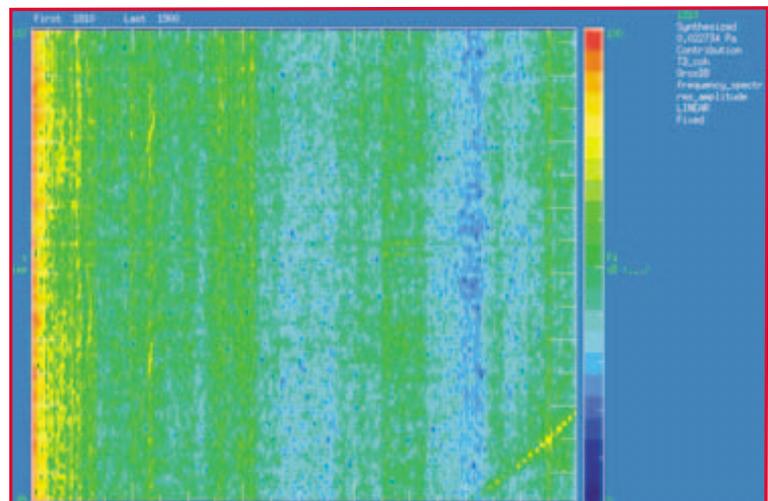


Representación de cada una de las contribuciones al ruido total.

Otros ejemplos



Espectrograma del ruido real medido en un tren a 120 Km/h.



Espectrograma del ruido reconstruido.

En el espectrograma cada línea es el espectro del ruido en un instante dado con los niveles indicados mediante colores. El eje vertical es el tiempo.

El ATPA identifica la contribución de cada subsistema y la suma de todas las contribuciones debe ser, naturalmente, el ruido total real en el equipo ensayado. Esto debe ser cierto en todo instante y en cualquier frecuencia, por lo tanto los sonogramas deben ser iguales.

Formación

La primera parte del producto es un curso de 50 horas en el que se definen las vías de transmisión cuantificándolas mediante la Transferencia Directa, se calculan y describen las ecuaciones que las relacionan con las Transferencias Globales, se explican los conceptos que debe cumplir toda definición de vía de transmisión y se demuestra que las funciones utilizadas lo cumplen.

También se describe el concepto de "Subsistema" fundamental en la aplicación del ATPA y su evolución desde su concepción teórica como grado de libertad hasta su versión final de subsistema extenso.

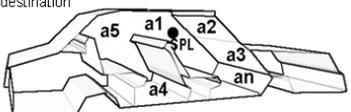
Se explican también las bases teóricas que permiten aplicar el método en el rango de medias y altas frecuencias utilizando como variable la Energía y se describen las diferencias en el proceso de medida para las partes coherente e incoherente. Se explican también los artículos publicados y se extienden los conceptos ligados al método al cálculo de los sistemas vibroacústicos. También se explican los conceptos de tratamiento de la señal ligados al proceso de medida.

ICR
Ingeniería para el Control del Ruido
PATH ANALYSIS

And this may be synthesized like:

$$\begin{bmatrix} T_{11}^G & T_{12}^G & \dots & T_{1n}^G \\ T_{21}^G & T_{22}^G & \dots & T_{2n}^G \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{m1}^G & T_{m2}^G & \dots & T_{mn}^G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_{11}^D & T_{12}^D & \dots & T_{1n}^D \\ T_{21}^D & T_{22}^D & \dots & T_{2n}^D \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{m1}^D & T_{m2}^D & \dots & T_{mn}^D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11}^E & T_{12}^E(1+T_{22}^D) & \dots & T_{1n}^E(1+T_{nn}^D) \\ T_{21}^E(1+T_{11}^D) & T_{22}^E & \dots & T_{2n}^E(1+T_{nn}^D) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_{m1}^E(1+T_{11}^D) & T_{m2}^E(1+T_{22}^D) & \dots & T_{mn}^E \end{bmatrix}$$

In this way we can solve all DTF from the GTF ones by taking all the equations related to one destination

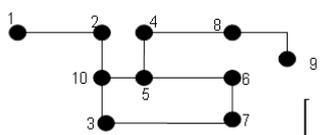


28/71 02/2005
Curso ATPA
22

ICR
Ingeniería para el Control del Ruido
PATH ANALYSIS

The DTF Path concept

Going back again to the vibroacoustical field we can see the "Connectivity" of the Paths. First in a one dimensional problem.



Direct connexion a_{ij} different from zero
 Unconnected $a_{ij} = 0$

$$L = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

28/71 02/2005
Curso ATPA
23

Know-How

La segunda parte del producto es la Transferencia del Know How. Para ello, personal de ICR trabaja 12 días laborables aproximadamente junto con el personal del cliente para realizar un conjunto de ensayos demostrativos del método a lo largo de los cuales, ICR transmite al cliente los principios físicos del método dándole las armas necesarias para decidir por si mismo mediante criterios bien establecidos.

Posteriormente se realiza el Post Proceso en las instalaciones de ICR durante 60 días, pudiendo asistir personal del cliente, bien sea directamente bien sea mediante encuentros a través de la red. Esta transferencia de

Know How también permite que el cliente adapte su equipo a este tipo de medida.

Es frecuente que las primeras mediciones se realicen con el equipo de ICR mientras que en los siguientes ensayos, el cliente utiliza su equipo. El resultado final debe ser que el personal asignado a este trabajo debe finalizar el proceso de Know How transfer del ATPA siendo capaces de aplicar el método a su producto de forma correcta. Se entrega al final de esta fase, un protocolo de medida que contiene las directrices para la aplicación del método a su producto.

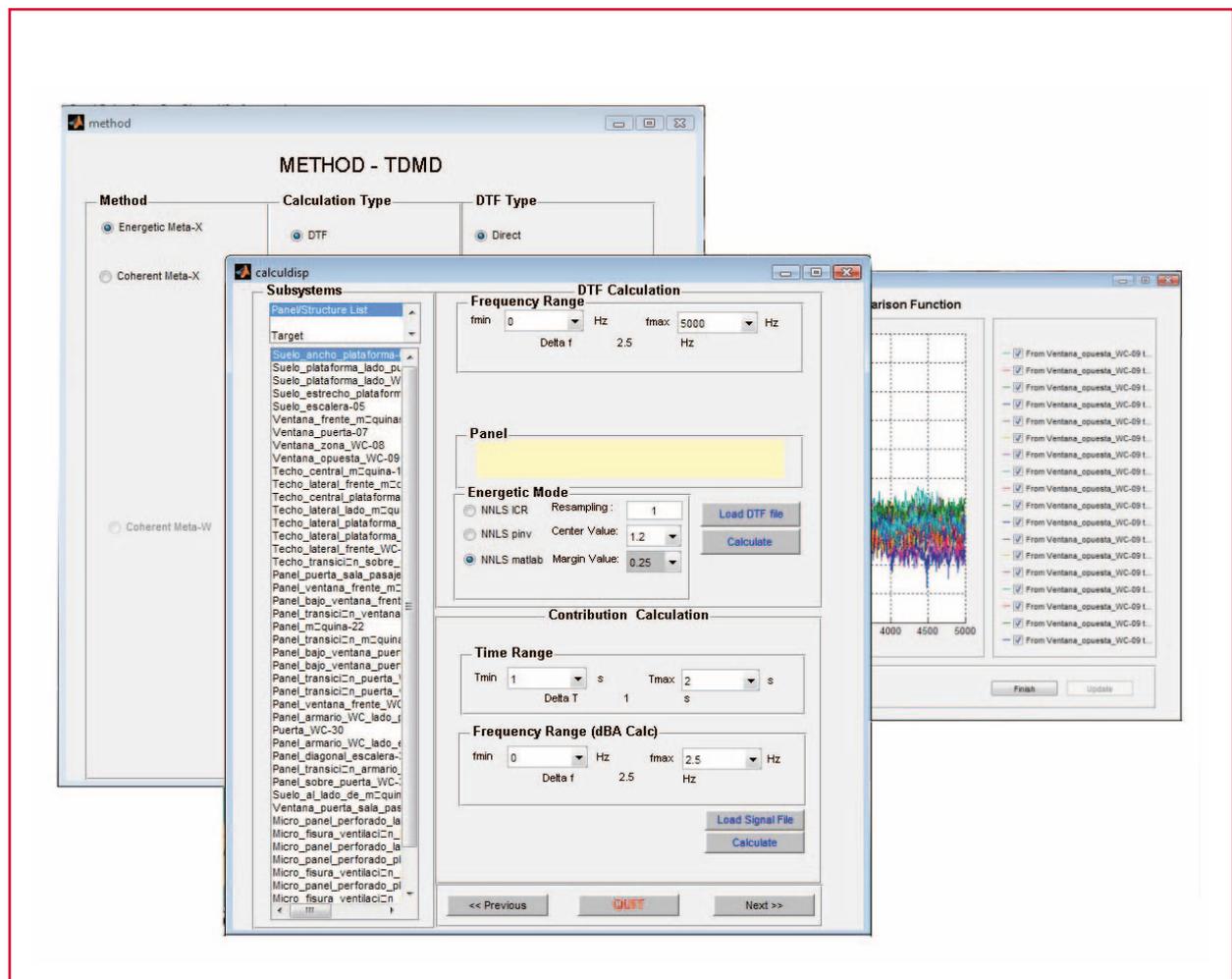
1	INTRODUCTION.....
2	CONFIGURATION DEFINITION.....
2.1	SELECTION OF THE SUBSYSTEMS.....
2.1.1	Definition of the Subsystems.....
2.1.2	Recommendations for a correct choice.....
2.1.3	Nomenclature.....
2.2	SELECTION OF THE SECTOR.....
2.2.1	Definition of the Sector.....
2.2.2	Recommendations for a correct choice.....
2.2.3	Nomenclature.....
3	INSTRUMENTATION.....
3.1	ACCELEROMETERS.....
3.1.1	Positioning.....
3.1.2	Fixing.....
3.2	MICROPHONES.....
3.2.1	Positioning.....
3.2.2	Fixing.....
3.3	SPEED SENSOR.....
3.3.1	Positioning.....
3.3.2	Fixing.....
3.4	HAMMERS.....
3.5	LOCATION OF WIRES.....
4	CALIBRATION AND EQUALIZATION.....
4.1	CALIBRATION.....
4.1.1	Accelerometers.....
4.1.2	Microphones.....
4.2	EQUALIZATION.....
4.2.1	Accelerometers.....
4.2.2	Microphones.....
5	BACKGROUND NOISE.....
6	ACQUISITION.....
6.1	STATIC TEST.....
6.1.1	Coherent Acquisition.....
6.1.2	Energetic test.....
6.2	DYNAMIC TEST.....

Software

ICR realiza el software necesario para aplicar el ATPA con los medios del cliente. Ha trabajado con diversos lenguajes pero en general suministra sus programas en Matlab compilado y programa la carga de los ficheros específicos del equipo utilizado por el cliente en el entorno Matlab.

La cantidad de información que puede suministrar el método es tan elevada que en cada aplicación se selecciona la que realmente es interesante para el cliente teniendo en cuenta su producto y sus posibilidades de intervención sobre él.

El software se hace a medida para cada cliente de modo que su funcionamiento se adapte a sus necesidades.





Proyectos ATPA

- Análisis de las vías de transmisión (ATPA) del ruido y las vibraciones de los distintos paneles del coche del nuevo prototipo de AVE OARIS. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.
- Estudio de las vías de transmisión de ruido y vibraciones en la estación de Chamartín de Madrid y propuesta de soluciones. Proyecto 051180, adjudicación nº 4500002478. Ineco Tifsa.
- Estudio de las vías de transmisión de ruido y vibraciones en la cabina del conductor de la locomotora diesel 250-028-8 de Renfe. Atenasa.
- Estudio de las vías de transmisión de ruido y vibraciones del motor de un tren diesel en Irlanda de Sur. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.
- Estudio acústico completo del Northern Spirit (Leeds-Skipton). Incluye un ATPA (Análisis de las vías de Transmisión de ruido y vibraciones) del Heathrow Express (Heathrow-Paddington) en Gran Bretaña. CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.
- Estudio acústico completo del Xin Min Line train en China. Incluye un ATPA (Análisis de las vías de Transmisión de ruido y vibraciones) de una unidad de tren del metro de Varsovia (Polonia). Alstom Transport.
- Transferencia de tecnología ATPA (Análisis de las vías de Transmisión de ruido y vibraciones) a CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles. Para este proyecto, se desarrollaron:

1. Procedimientos de ensayo para obtener las especificaciones vibroacústicas de los diferentes subsistemas de un tren.
2. Evaluación de las contribuciones de ruido interior de los diferentes subsistemas de un tren en condiciones normales de operación.
3. Formación: ICR formó los empleados de CAF en la aplicación del ATPA.

Durante el proyecto se realizaron ensayos en los siguientes trenes:

ATPA del metro ligero de Sevilla.

ATPA del TRDMD (Tren Regional Diesel Media Distancia) en Alcázar de San Juan.

ATPA de las contribuciones estructurales del TDMD (Tren Diesel Media Distancia) en Sevilla.

- “META X: Advanced vibroacoustic analysis in railways. The ATPA method”. Alstom Transport. Para este proyecto, se desarrollaron:

1. Procedimientos de ensayo para obtener las especificaciones vibroacústicas de los diferentes subsistemas de un tren.
2. Evaluación de las contribuciones de ruido interior de los diferentes subsistemas de un tren en condiciones normales de operación.
3. Evaluación de las contribuciones del ruido exterior en condiciones estacionarias de operación.
4. Formación: ICR formó los empleados de Alstom en la aplicación del ATPA.

Durante el proyecto se realizaron ensayos en los siguientes trenes:

ATPA del West Coast Main Line train en Asforby, GB.

ATPA del Vectus train en Salzgitter Depot, Alemania.

ATPA del Coradia train en Salzgitter Depot, Alemania.



REFERENCIAS

- “META W: análisis vibroacústico avanzado en ferrocarriles. Nuevas tecnologías y métodos computacionales”. Alstom Transport.
- Estudio de las vías de transmisión del ruido y vibraciones de los diferentes paneles que conforman el vagón de un prototipo del nuevo modelo de AVE de CAF, Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles.
- Análisis de las vías de transmisión de ruido y vibraciones en una impresora de gran formato. Proyecto Taj Mahal. Helwet Packard.
- Análisis del ruido generado por el sistema de ventilación, sistema de aspiración y los engranajes de un plotter de gran formato. Análisis de las vías de transmisión aéreas y estructurales y de los problemas aeroacústicos del sistema de aspiración. Diseño de soluciones. Proyecto Hydra. Helwet Packard.
- Análisis de las vías de transmisión del ruido de la maquinaria instalada al ruido en las oficinas de la factoría AGA, Portet sur Garonne, Francia.
- Análisis de las vías de transmisión des del exterior al interior de un edificio a través de las ventanas. Barcelona, Hotels Rosincs.
- Análisis de las vías de transmisión de ruido, tanto por vía aérea como estructural, al ruido percibido por el conductor y en un punto exterior de control. AUSA, Automóviles Utilitarios, S.A.
- Análisis de las contribuciones de las fuentes de ruido exterior y diseño de soluciones en el vehículo AUSA CH-350. AUSA, Automóviles Utilitarios S.A.
- Análisis de las vías de transmisión de ruido y vibraciones en dos unidades diesel modelo 333 y 334. Atenasa.
- Proyecto de investigación Vitraso: predicción de las vías de transmisión de ruido y vibraciones en edificios. El objetivo del estudio es resolver los problemas existentes para determinar las contribuciones de las fuentes de ruido directas e indirectas según la normativa UNE EN ISO 12345. Proyecto liderado por FCC (Fomento de Construcciones y Contratas) con la colaboración de ICR, Applus, IMAT y la Salle Bonanova. Universitat Ramon Llull.
- Análisis de las vías de transmisión (ATPA) de ruido y vibraciones en un aerogenerador prototipo ECO100 para evaluar las contribuciones del sistema de ventilación al ruido total. Alstom Ecotecnia.

Artículos ATPA

- F.X. Magrans, Method of measuring transmission paths, *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 each of this points. Such excitations need not be 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.

- O. Guasch, F.X. Magrans, P.V. Rodriguez & G. Manacorda, An innovative approach for the noise reconstruction and analysis at the medium-high frequencies. *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 unaccessible, 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.

- O. Guasch & F.X. Magrans, The Global Transfer Direct Transfer method applied to a finite simply supported elastic beam, *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.



- F.X. Magrans & O. Guasch, 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. *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 allows 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.

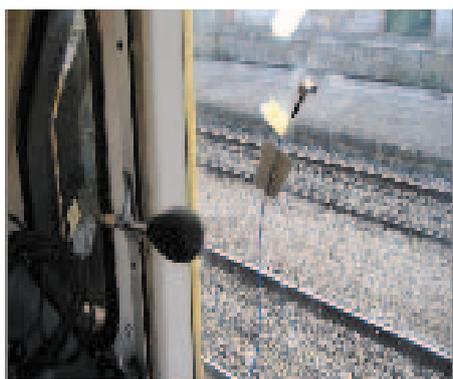
- F.X. Magrans, P.V. Rodriguez & G. Cousin, Low and mid-high frequency advanced transmission path analysis. *Proceedings of the 12 International Congress on Sound and Vibration, Lisboa, Portugal* (2005).

ABSTRACT

Advanced Transfer Path Analysis (ATPA) is a test-based numerical technique allowing the diagnosis necessary to solve vibro-acoustics 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.

- F.X. Magrans , PATH ANALYSIS, *Proceedings Nag Daga* 2009

Sólo los mejores fabricantes de material rodante usan el método ATPA.



ALSTOM & **CAF**

usan nuestro método ATPA



Ingeniería para el Control del Ruido

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