

REVISTA DE ACUSTICA

PUBLICACION DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACUSTICA

Vol. XV	1 ^{er} y 2 ^o Trimestre 1984	Núms. 1-2
---------	---	-----------

		INDICE	Páginas
Director.			
D. J. J. Martínez Requena.		Actividades de la SEA	
Redactor Jefe.		III Simposio Luso-Español de Acústica Ambiental	5
D. Antonio Calvo-Manzano		Segundo Encuentro de Trabajo de las Sociedades Portuguesa y Española de Acústica.	6
Redacción, Administración y Publicidad.		Colaboraciones: Comunicaciones presentadas al III Simposio Luso-Español de Acústica Ambiental	
Sociedad Española de Acústica.		<i>La función de transferencia de modulación y la Recepción Sensorial: Acústica de Salas</i> , por Andrés Lara Saenz.	8
Serrano, 144. Teléfono 261 88 06		<i>Regulamentação sobre ruido</i> , por Tomas R. do Espirito Santo	17
Madrid-6		<i>Difracción Acústica producida por el cuerpo humano en campo libre</i> , por J. Pfretzschner, A. Moreno y A. Pérez.	19
Precio del ejemplar.		<i>Estudio del Ruido producido por el tráfico rodado en Valencia</i> , por Amando García y Maria Fajari.	32
España: 200 pesetas.		<i>Modelo de Propagación acústica a través de remolinos ciclónicos en el Océano</i> , por Pedro Cobo Parra	38
Extranjero: \$ 3		<i>Caracterização do Isolamento Sonoro de Salas de Espectáculos Musicais</i> , por P. Martins da Silva.	55
Suscripción anual.		<i>Estudio Acústico de un Recinto para reuniones religiosas</i> , por M. Recuero, R. Carbo y C. Gil González	59
España: 600 pesetas		<i>Método de interpolación para la obtención de curvas isofónicas</i> , por F. Belmer, H. Estelles, A. Gimeno y J.L. Manglano.	64
Extranjero: \$ 10		<i>Estudio Acústico del cauce viejo del Rio Turia en Valencia</i> , por A. García y F. Tendero	69
Tarifas de publicidad		<i>Velocipedes com Motor-Velocidades e ruido como factores determinantes da insegurança e incomodidade</i> , por A. dos Santos Rodrigues.	75
En blanco y negro		<i>Sobre la acción municipal en el control de ruido y vibraciones: Consideraciones técnicas</i> , por J. Pons Espí y J.S. Santiago Paez	79
Una página 10.000 pesetas		Novedades Técnicas.	85
Media página 5.000 pesetas		Publicaciones.	89
Depósito Legal: M. 19 769-1970		Noticias.	91

Los autores son los responsables del contenido de los artículos. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando su procedencia.

METODO DE INTERPOLACION PARA LA OBTENCION DE CURVAS ISOFONICAS

F. BELMAR, H. ESTELLES, A. GIMENO, J.L. MANGLANO
E.T.S. Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Valencia

1. INTRODUCCION

En este trabajo se presenta un método de interpolación para la obtención de curvas isofónicas, que fue desarrollado para su utilización en el estudio de la contaminación acústica generada por el Aeropuerto de Valencia.

En el estudio se supuso una zona afectada por el ruido de 15 km. de radio alrededor del Aeropuerto, estableciéndose un reticulado de 540 puntos en coordenadas polares. El hecho de utilizar coordenadas polares (cilíndricas en realidad) únicamente afecta al proceso de cálculo mediante ordenador, siendo prácticamente nula su influencia a nivel teórico.

Conocidos los niveles de ruido en cada punto del retículo adoptado, estamos en condiciones de abordar el problema del trazado de las curvas isofónicas.

En el apartado 2, se incluyen diversos métodos ensayados pero que fueron rechazados al detectar los errores que se mencionan, mostrándose en el apartado 3 el método de interpolación finalmente adoptado.

2. METODOS ENSAYADOS

Dada la sencillez de los procedimientos lineales fue éste el primer método ensayado. Una zona formada por 4 puntos adyacentes tal y como indica la figura 1, correspondientes a la intersección de dos rectas consecutivas $\theta = \text{cte}$ con dos circunferencias $\rho = \text{cte}$ consecutivas, fue descompuesta en dos zonas elementales, haciendo pasar por cada una de ellas un plano de ecuación:

$$z = A + B\theta + C\rho \quad (1)$$

que una vez determinado será posible buscar en él cualquier curva de $z = \text{cte}$.

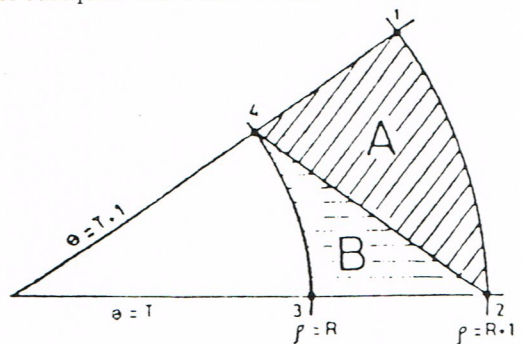


Figura 1

Un procedimiento práctico se deduce del hecho de que en un plano, la curva $z = cte$ es una recta. Si nos encontramos dentro de una zona en forma de triángulo, dicha recta cortará a dos de sus lados (salvo que pase por un vértice) o a ninguno de ellos.

Si buscamos los puntos de corte de dicha recta con los lados y los unimos, tendremos resuelto el problema.

El programa de cálculo confeccionado según estas directrices resultó ser rápido y aparentemente efectivo. Sin embargo, la presencia de algunos trazos inesperados en alguna de las zonas obtenidas hizo reconsiderar tal suposición. Analizada la situación se observó la presencia de casos como el siguiente: Sean cuatro puntos con los niveles que se indican en la figura 2 y obsérvese la diferencia en los resultados obtenidos según la forma de efectuar la triangulación.

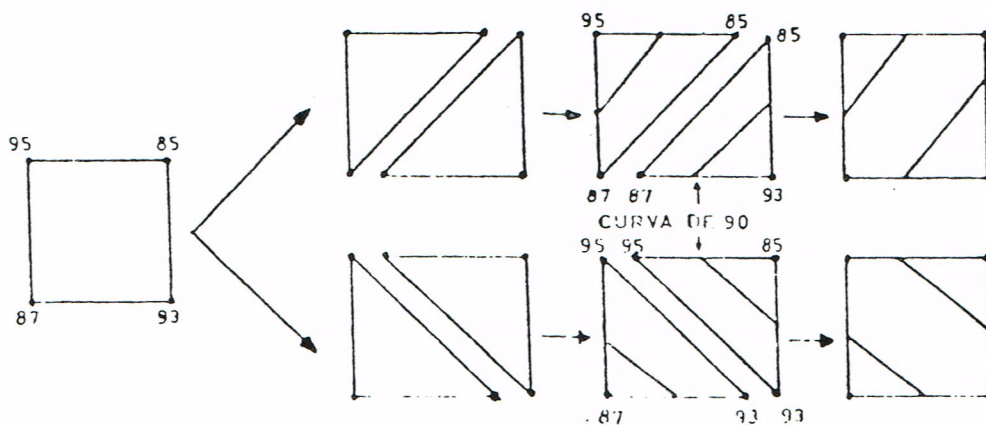


Figura 2

La elección de uno u otro únicamente podrá hacerse visualmente, según la forma del resto de la figura, tarea que en algunos casos no presenta dificultades, aunque en otros es laborioso realizarlo.

Por todo ello fue desestimado el procedimiento.

A la vista de los resultados se consideró necesario utilizar superficies de orden superior de forma que se aproximasen mejor a los valores reales. Se ensayaron diversas superficies de la forma $z = f(\theta, \rho)$ siguiendo dos procedimientos:

- Superficies que pasen por los puntos reales obtenidos.
- Ajuste por mínimos cuadrados de la superficie a un determinado número de puntos.

En el método de ajuste por mínimos cuadrados, al realizar un ajuste para cada zona, en la separación entre zonas diferentes se producen normalmente discontinuidades que invalidan totalmente el procedimiento. Además dada la complejidad de los cálculos a realizar resulta un proceso muy lento.

Por todo ello pareció conveniente utilizar superficies que pasasen por los puntos obtenidos, método que se describe en el siguiente apartado.

3. METODO DE INTERPOLACION

Se ensayaron diversas superficies que pasaran por los puntos obtenidos, adoptando de entre todas ellas una de la forma:

$$z = a_1 + a_2\theta + a_3\rho + a_4\theta^2 + a_5\rho^2 + a_6\theta\rho + a_7\theta^2\rho + a_8\theta\rho^2 + a_9\theta^2\rho^2 \quad (2)$$

que se obligó a pasar por 9 puntos adyacentes (ver figura 3), asignando la superficie citada a toda la zona rayada.

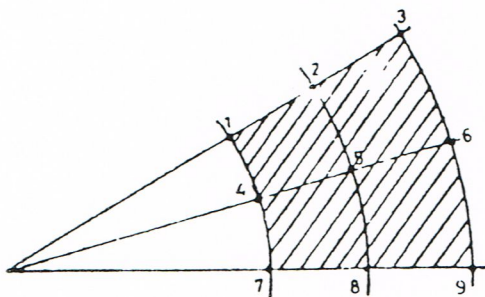


Figura 3

Con el retículo utilizado y la zonificación adoptada, se puede cubrir toda la zona de estudio ($\rho = 15$ km) con 126 zonas elementales (anchura 20° , longitud 2 km), para cada una de las cuales se calculará la superficie $z = f(\theta, \rho)$.

Obtener dicha superficie supone resolver un sistema de 9 ecuaciones con 9 incógnitas para cada zona elemental, resultando un procedimiento muy laborioso y lento. Para aumentar la velocidad de cálculo se utilizó el siguiente proceso:

- La coordenada θ se tomó en decenas de grados sexagesimales, con lo que puede variar de 0 a 36.
- La coordenada ρ se tomó en kilómetros, pudiendo variar de 0 a 15.

Cada zona está definida por las coordenadas θ_1, ρ_1 de su punto medio. El resto de

los puntos tendrán las coordenadas indicadas en la figura 4.a. Si se realiza el cambio de coordenadas:

$$\theta_0 = \theta - \theta_i ; \rho_0 = \rho - \rho_i$$

la figura 4.a queda tal y como indica la figura 4.b, que dará lugar a un sistema más sencillo de resolver.

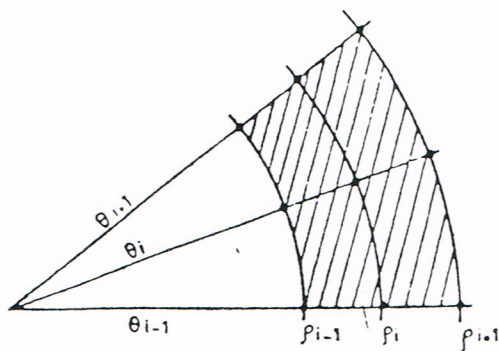


Figura 4.a

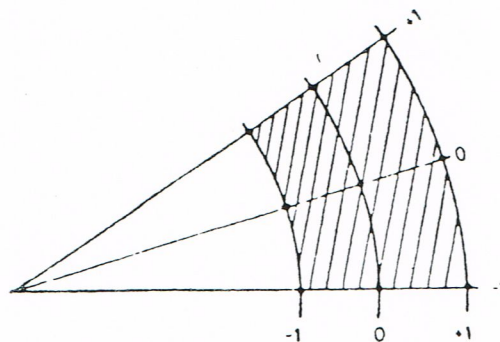


Figura 4.b

Al valor de z en cada uno de los puntos le denominaremos z_j , donde j varía desde 1 hasta 9, tal y como indica la figura 3.

Con todo ello la superficie deberá pasar por los puntos (θ_0, ρ_0, z_j) siguientes: $(-1, -1, z_1)$; $(0, -1, z_2)$; $(1, -1, z_3)$; $(-1, 0, z_4)$; $(0, 0, z_5)$; $(1, 0, z_6)$; $(-1, 1, z_7)$; $(0, 1, z_8)$ y $(1, 1, z_9)$.

Sustituyendo estos valores en la ecuación (2) se obtienen los coeficientes a_i siguientes:

$$a_1 = z_5$$

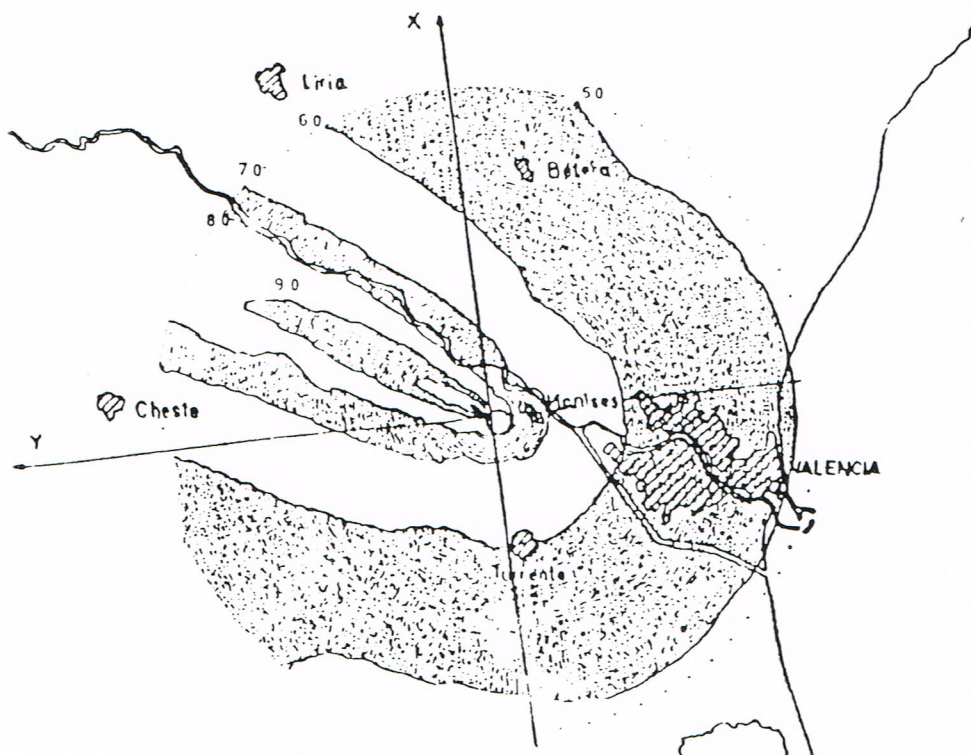


Figura 5

$$\begin{aligned}
 a_2 &= (z_8 - z_2)/2 \\
 a_3 &= (z_6 - z_4)/2 \\
 a_4 &= (z_2 + z_8)/2 - z_5 \\
 a_5 &= (z_4 + z_6)/2 - z_5 \\
 a_6 &= (z_1 + z_9 - z_3 - z_7)/4 \\
 a_7 &= (z_3 + z_9 - z_1 - z_7)/4 - (z_6 - z_4)/2 \\
 a_8 &= (z_9 + z_7 - z_1 - z_3)/4 - (z_8 - z_2)/2 \\
 a_9 &= (z_1 + z_3 + z_7 + z_9)/4 - \\
 &\quad - (z_2 + z_8 + z_4 + z_6)/2 + z_5
 \end{aligned}$$

Procediendo de esta forma se consigue conocer las 126 superficies que cubren la zona de una forma rápida y efectiva sin más que realizar un cambio de coordenadas.

A partir de aquí, únicamente nos resta buscar las curvas $z = z_0$ de dichas superficies. Se utilizó en principio el siguiente procedimiento. Dentro de una determinada zona se fijó un valor $\theta = \theta_0$ (ó de ρ) y en la parábola resultante $z = f(\theta_0, \rho) = f(\rho)$ se buscan los

dos puntos ρ_1 y ρ_2 que hacen que $z = z_0$. Tras comprobar que dichos valores pertenecen a la zona asignada, estos podrán ser dibujados.

El citado procedimiento presenta sin embargo una serie de inconvenientes:

- El número de puntos que se obtiene dentro de una zona depende de cual de las dos coordenadas se haga constante (a incrementos constantes), pudiendo incluso no encontrarse ningún punto (casos de $\theta = \text{cte}$ ó $\rho = \text{cte}$).
- En algunas zonas en las que la curva sea ligeramente complicada resulta difícil unir entre sí los puntos obtenidos para determinar la curva isofónica buscada.

La única forma de disminuir dichas dificultades es reducir los incrementos, lo que equivale a aumentar notablemente el tiempo de cálculo, y aún así los resultados no son enteramente satisfactorios. Por lo que el procedimiento finalmente adoptado fue el siguiente. Se estableció una nube de puntos suficientemente densa, de tal forma que en cada punto se evaluó la función $z = f(\theta, \rho)$ utilizando la superficie asignada a la zona a la que pertenecía el punto. De esta forma se conoce el nivel z calculado para dicho punto en función de z se dibuja o no punto.

Para ver si se debía dibujar o no dicho punto se siguió el siguiente método:

Sea e la equidistancia entre curvas deseada. Se calcula la parte entera de z/e y se comprueba si dicho valor es par o impar. Si el valor es par se pasa a otro punto y si es impar se dibuja el punto y se pasa al siguiente.

Ello supone que tomando una equidistancia $e = 10$, todos los puntos cuyo nivel z esté comprendido entre 10 y 20; 30 y 40; 50 y 60; 70 y 80; etc, aparecerán en el dibujo, mientras que aquellos cuyo nivel esté comprendido entre 0 y 10; 20 y 30; 40 y 50; 60 y 70; etc, no aparecerán en el mismo.

Obtenido dicho dibujo no nos queda más que trazar las líneas de contorno que dividen a las zonas en blanco de las zonas punteadas, para obtener las curvas isofónicas.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de los mapas sonoros obtenidos por aplicación de este método al estudio de la contaminación acústica generada por el Aeropuerto de Valencia.