

La simulación como herramienta docente

Ramon Sastre Sastre

Dr. Arquitecto

E.T.S. Arquitectura del Vallès (UPC)

Abstract

La labor docente suele y debe apoyarse en todos los medios posibles que mejoren la transmisión del conocimiento, que es la misión primordial de dicha labor. Desde la aparición de la informática y el uso habitual de los ordenadores, han sido muchas las aplicaciones informáticas que ya forman parte del bagaje de cualquier profesor. En este sentido son muy pocos los que no han usado alguna vez un documento en PDF, una tabla en hoja de cálculo, una presentación de diapositivas, etc. Los más avanzados en este arte, recurren a pequeñas animaciones, presentaciones tipo Flash, páginas web más o menos interactivas, películas, etc.

Si nos fijamos ahora en el ámbito de la investigación, es evidente que el uso de los ordenadores ha cambiado el método, el proceso y los resultados de muchos trabajos de investigación. Evidentemente, esta influencia es diferente en aquellas investigaciones de tipo técnico o en aquellas de tipo teórico.

Principalmente en las primeras aparecen a menudo los procesos de simulación. Bien sea por la falta de laboratorios reales o por la enorme facilidad de cambiar parámetros y resultados, los procesos de simulación nos sirven para avanzar en la obtención de nuevos resultados que a la vez proporcionan nuevos conocimientos, objeto obvio de la investigación.

Lo que trata esta ponencia es la necesidad de incorporar estos procesos de simulación informática en aplicaciones docentes, de forma que la explicación teórica de muchos de los contenidos técnicos de la arquitectura se vea apoyada por un contingente de programas informáticos que a la vez que pueden resultar herramientas de investigación (y de transferencia de tecnología) sirvan como soporte cotidiano de la docencia. En nuestro caso presentaremos un ejemplo de simulación acústica en dos dimensiones (docente), que habrá de servir más adelante como paso previo a otra simulación en tres dimensiones (investigación).

La simulación como control de errores en la fase de diseño

Durante el proceso de diseño en arquitectura suele ser común comprobar la eficiencia del trabajo de creación realizado. Hacer un predimensionado de la estructura, ver que las flechas de las vigas son admisibles, que las cargas sobre el terreno no son excesivas, etc. es un trabajo común en todos los ámbitos, desde el estudiante que está preparando sus ejercicios de proyectos, hasta el profesional que debe evitar las sorpresas desagradables que modifiquen su proyecto a última hora.

En el ejemplo que hemos comentado, el estructural, la utilización de programas de diseño y cálculo de estructuras es ciertamente cotidiano. Los calculistas, sean del propio equipo de diseño o de consultorías exteriores suelen intervenir en algunas fases previas a fin de eliminar cualquier gazapo estructural. Los programas llamados de “cálculo de estructuras” no son más que de simulación del comportamiento físico de la estructura al someterla a unas determinadas acciones.

No es tan habitual, pero si posible, hacer simulaciones energéticas: calefacción, aire acondicionado, iluminación natural y artificial, etc. Muchos fabricantes de elementos para estas instalaciones suministran software de comprobación o cálculo que se puede usar fácilmente para tener un idea rápida del comportamiento de nuestros diseños.

La simulación acústica

En el tema acústico la situación es un poco diferente. En primer lugar, por desgracia algunas veces, la concienciación del diseñador frente a un determinado confort acústico

suele ser bastante baja. Solamente cuando el diseño corresponde a una edificación relacionada con el sonido (un auditorio, por ejemplo) se llevan a cabo estos controles durante la fase del diseño. Sin embargo, cuando el requerimiento acústico es menor, que no nulo, se suelen obviar dichos controles: aulas de una escuela, viviendas, mercados, espacios deportivos, etc.

Y esto sucede otra vez, a nivel de los profesionales como a nivel de los estudiantes. No pretende este texto hacer una investigación exhaustiva del porqué de dicho olvido, pero cabe pensar que entre otras razones exista una falta de recursos de simulación (software) sencillos que podrían facilitar la tarea, tanto desde el punto de vista económico (programas baratos o gratuitos cedidos por empresas relacionadas con la acústica) como desde la sencillez de uso de dichos programas.

Acústica en 2D o en 3D

Está claro que el fenómeno acústico se produce en un espacio de tres dimensiones. Las ondas sonoras se propagan por el aire (y por otros medios) en todas direcciones. Por lo tanto un software o elemento de simulación debería contemplar esta realidad. Sin embargo, un software de simulación acústica en 3D conlleva un complejidad alta, y quizás sea ésta una de las razones principales por la que no existen aquellos elementos sencillos de simulación que mencionábamos en el apartado anterior.

De todas formas, casi todos hemos visto algún programa de televisión de ámbito de divulgación científica donde se muestra, en la superficie plana de agua de un recipiente, la propagación de unas ondas producidas al tocar con cualquier objeto la superficie del agua. Se trata obviamente de una simulación en dos dimensiones (la superficie plana del agua) pero no por ello pierde eficacia el concepto que se pretende mostrar: como las ondas se expanden concéntricamente, como rebotan en los bordes y se propagan en otra dirección y, hasta cierto punto, como se produce la refracción en ciertos objetos situados en el paso de la onda.

A partir de este ejemplo simple, nació el deseo de crear (con todo el tiempo que haga falta) un software de simulación acústica. En un principio este software está pensado en dos dimensiones, pero ya desde el comienzo, su estructura de programación se ha hecho pensando en que, algún día, alguien pueda dar el salto a las tres dimensiones de forma lo más fácil posible.

Incluso, un análisis en dos dimensiones (sección vertical de una sala, por ejemplo) puede simular una realidad. Tal sería el caso de un espacio alargado, sin paredes en los extremos (o absorbentes totales) y con unos focos sonoros lineales (una tira de altavoces, por ejemplo). No se trata, sin embargo, de justificar la utilidad de un programa en 2D, sino de aclarar el porqué se ha hecho de esta forma.

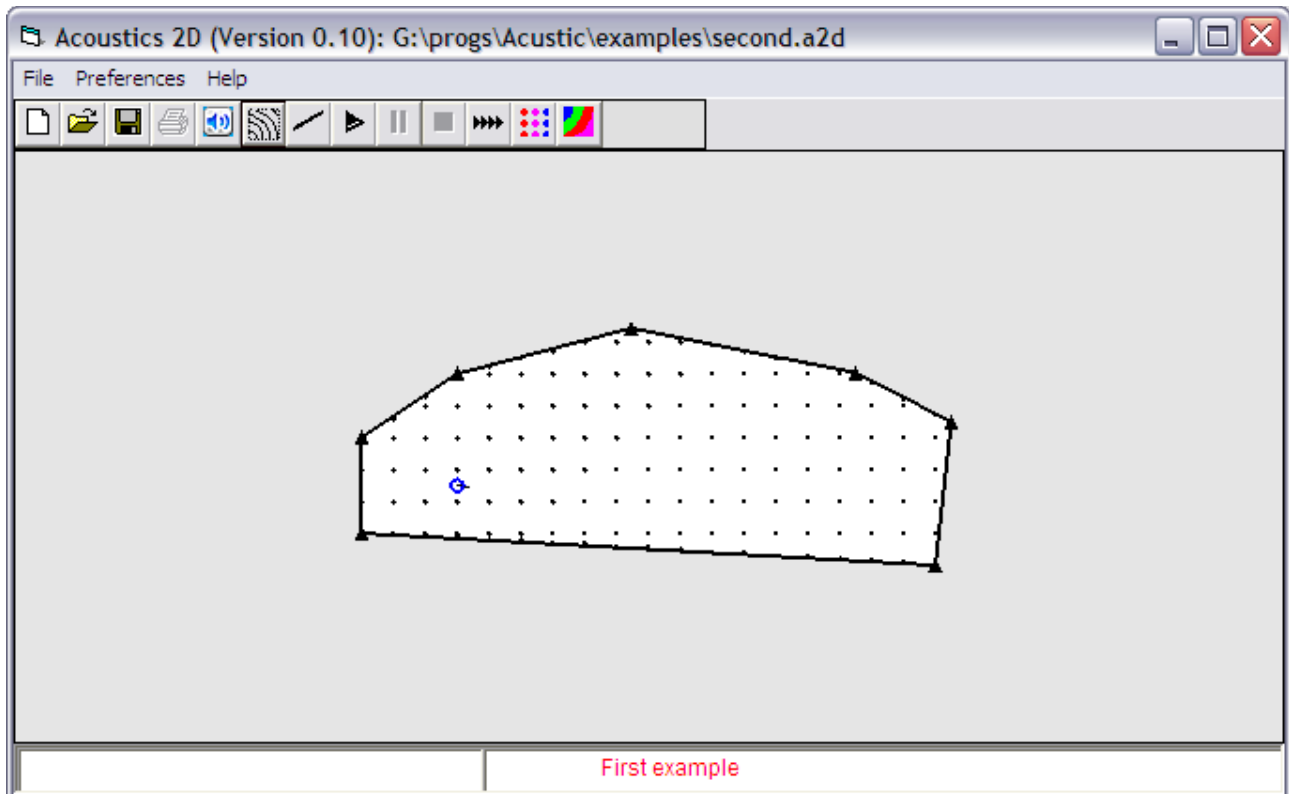
Disponibilidad del programación

La programación de este software se ha realizado (entre otros trabajos) durante el año sabático que la UPC me concedió en el curso 2005-06. El programa se ha escrito en Visual Basic 6, usando OpenGL en la visualización de gráficos. No se considera en absoluto un producto acabado sino que está esperando que otro investigador pueda desarrollar-

lo más, corregir errores, y tal vez empezar a pensar en dar el paso a 3D. Sin embargo, creo que antes de 3D se debería mejorar el programa con nuevas prestaciones: elementos internos (muebles, personas, objetos, ...), simular reflexiones especulares o difusoras, la refracción, etc.

El programa Acoustics2D

Tal como se ha comentado en este texto, el programa Acoustics2D es un programa, en dos dimensiones, de simulación acústica de un espacio interior, limitado por un conjunto de paredes rectas.



La estructura interna del programa se organiza alrededor de una serie de objetos con sus respectivas propiedades.

Así, el perímetro que define el espacio interior que se va a estudiar viene determinado por los datos siguientes:

Vértices

Se trata, evidentemente, de los vértices del polígono que delimita el espacio interior. Las propiedades de los vértices son:

- *Coordenadas*: X, Y (2D)
- *Ángulo*: ángulo interior del vértice. En situaciones normales los ángulos son cóncavos desde el interior, pero el programa admite ángulos convexos.
- *Dirección*: se trata de un valor útil para la reflexión de las ondas (tal como se verá más adelante). En el caso de un vértice se trata de la media entre las direcciones de los dos lados adyacentes al vértice.

La posición (coordenadas) de un vértice se puede modificar numéricamente o arrastrándola

Lados

Igual que en el caso anterior, su significado es obvio. Se trata de los segmentos del polígono que delimitan el espacio interior. Las propiedades de los lados son:

- *N1, N2*: número de los vértices que delimitan el lado.
- *Longitud*: longitud del segmento o distancia entre los vértices anteriores
- *Dirección*: ángulo del segmento respecto a la vertical (0=norte, 90=este, 180=sur y 270=oeste)
- *Absorción*: valores de absorción del lado (del material que forma este lado). Se trata de un valor tipo **Freq**, que estudiaremos más adelante.

En el caso de pasar el programa a 3D, los *lados* serían *polígonos* planos delimitados por *n* vértices. La dirección sería la normal a este polígono.

Límites

Este objeto tiene valores prácticos para la información gráfica.

- *n*: número de vértices (y evidentemente igual al número de lados en 2D)
- *Perímetro*: longitud del perímetro del polígono.
- *Área*: superficie interior del polígono.
- *Max, Min, Mid*: valores que representan el punto central del polígono y las dimensiones máximas y mínimas del mismo, a efectos de dibujarlo correctamente en pantalla.

Fuentes de sonido

A efectos de la simulación, el sonido se produce en unos puntos determinados que llamamos fuentes de sonido. Puede haber tantas fuentes de sonido como se desee. Cada fuente de sonido posee las propiedades siguientes:

- *Coordenadas X,Y*: situación de la fuente de sonido (en 3D haría falta añadir la coordenada Z).
- *Dirección*: ángulo de la dirección en que se emite un sonido (el mismo criterio que se ha expresado anteriormente). En 3D haría falta otro ángulo para definir correctamente esta dirección.
- *Abertura*: ángulo de apertura del sonido. Un sonido que se esparce en todas direcciones posee una apertura de 360°. Un sonido de apertura 0° no existe en términos normales. Se trataría de un sonido tipo "laser", en referencia a la luz. En la fase actual el programa supone que la intensidad del sonido se produce de forma idéntica en todas las direcciones interiores a la apertura. No parece difícil implementar la posibilidad de definir un *espectro de intensidades* para la fuente sonora,

de forma que en ciertas direcciones hubiera mayor o menor intensidad que en otras.

- *Tiempo inicial*: el momento en que se produce el sonido. Tampoco se ha implementado, pero parece fácil hacerlo, la posibilidad de tener fuentes de sonido *continuas* (emiten continuamente) o *pulsantes* (emiten con una cadencia determinada).
- *Intensidad*: intensidad de sonido de la fuente. Se trata de un valor tipo **Freq**.
- *Filtrado*: un valor verdadero o falso que nos indica si esta fuente de sonido se tiene en cuenta en la evaluación de los resultados, de forma que se puedan tener fuentes que no se usen en alguna de las simulaciones.

Ondas acústicas

Se trata del objeto básico del programa. La creación y propagación de las ondas nos dará como resultado la idoneidad o no del diseño que hemos realizado. Las ondas acústicas se propagan por el espacio 3D formando superficies esféricas concéntricas, a una velocidad aproximada de 340 m/s. En dos dimensiones veremos una sección plana de estas esferas, es decir, unas circunferencias concéntricas que se propagan a la misma velocidad.

A efectos prácticos de programación, estas circunferencias se descomponen en un conjunto de líneas rectas (a modo de pequeños arcos) contiguas. A medida que crecen se van descomponiendo en otras líneas, aumentando el número de ellas y manteniendo lo más posible la longitud de cada línea. El programa numera y procesa todas estas líneas individuales y las denomina *onda*.

Cada una de estas ondas tiene las propiedades siguientes:

- *Fuente*: Un número que indica de que fuente sonora proviene la citada onda.
- *Punto Final*: centro de la onda después de cada incremento de tiempo.
- *Punto Inicial*: centro de la onda antes de cada incremento de tiempo.
- *Dirección*: ángulo de la dirección en que se propaga la onda (el mismo criterio que se ha expresado anteriormente)
- *Abertura*: ángulo de apertura de la onda
- *Tiempo Inicial*: tiempo en que se originó la onda en la fuente sonora.
- *Frente*: longitud de la línea que representa la onda después del incremento de tiempo.
- *Frente anterior*: longitud de la línea que representa la onda antes del incremento de tiempo.
- *Campo*: área comprendida entre el frente y el frente anterior.
- *Intensidad*: intensidad de sonido de la onda. Se trata de un valor tipo **Freq**.
- *Número de reflexiones*: reflexiones que ya ha efectuado una onda.

Sensores

Tal como sucede en la realidad, el control del sonido en el interior de un espacio se controla por unos sensores. El programa acepta una cuadrícula o red de sensores separados una determinada distancia entre ellos. Posteriormente se puede modificar la situación de un determinado sensor a fin de adecuarlo a una determinada posición. Los sensores tie-

nen las propiedades siguientes:

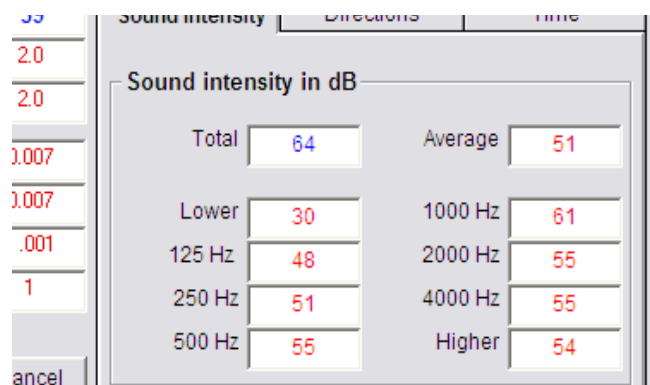
- *Coordenadas X,Y*: posición del sensor.
- *Tiempo inicial*: tiempo en que llega la primera onda al sensor.
- *Tiempo final*: tiempo en que llega la última onda al sensor.
- *Intensidad*: intensidad total (suma) de las ondas llegadas al sensor. Se trata de un valor tipo **Freq**.
- *Señal*: cada una de las ondas que llega al sensor y que es procesada posteriormente.
- *Color*: color para la representación gráfica del sensor.

A su vez cada señal tiene las propiedades siguientes

- *Filtro*: un indicador que sirve para tener en cuenta o no la señal que llega al sensor.
- *Tiempo*: momento en que la señal llega al sensor.
- *Fuente*: fuente sonora de donde proviene la onda.
- *Dirección*: ángulo de la dirección de la onda (el mismo criterio que se ha expresado anteriormente)
- *Intensidad*: intensidad de la señal. Se trata de un valor tipo **Freq**.
- *Onda*: referencia directa a la onda que ha llegado al sensor.

Valor “Freq”

Hemos comentado que una serie de propiedades de los objetos del programa eran del tipo Freq. Ello significa que se trata de un conjunto de valores, clasificados en 8 frecuencias: <125, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 y >4000Hz. Así mismo se añaden los valores de la media aritmética y la suma logarítmica de ellos.



Funcionamiento del programa

El programa, en el estado actual todavía muy básico, funciona de la forma siguiente:

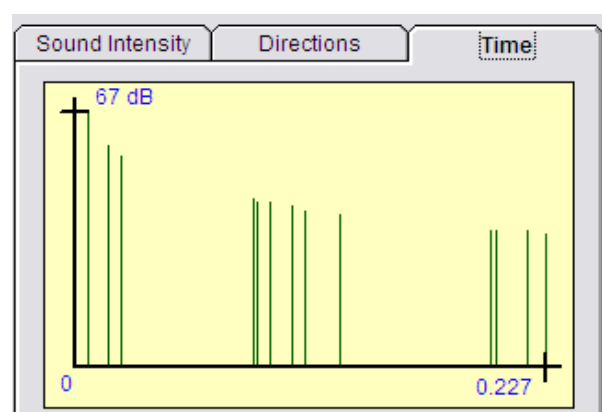
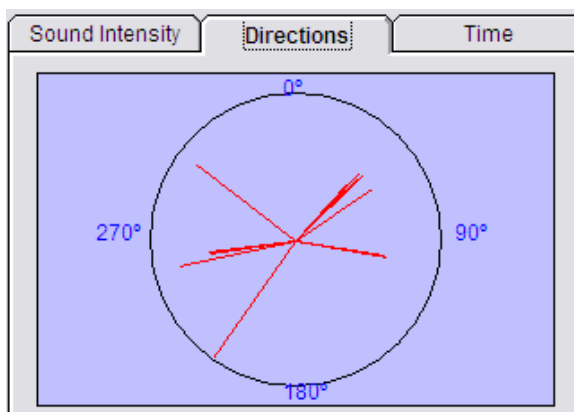
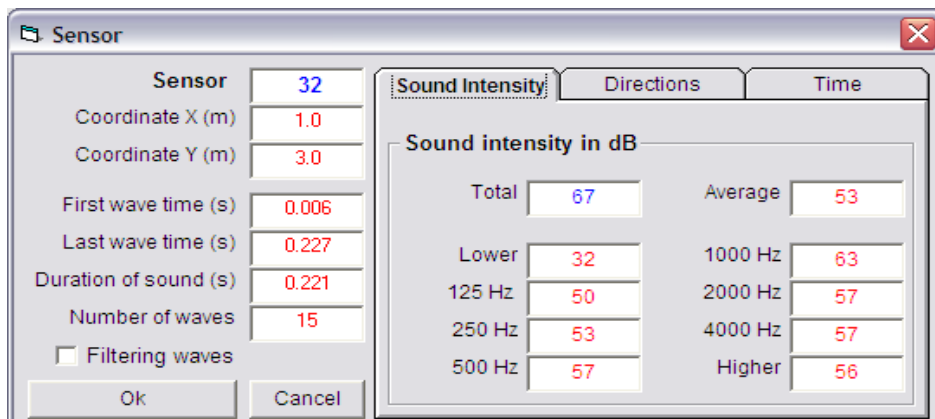
- 1 Se crea un perímetro a partir de otro existente. Se pueden borrar lados o subdividir los existentes en un número determinado de partes, aumentando así el número total de lados. En una fase más avanzada se podrá importar un archivo en DXF a fin de facilitar la tarea en perímetros complejos. La posición de los vértices se pue-

- de modificar.
- 2 Se dan propiedades de absorción a los lados, directamente o a través de una biblioteca.
 - 3 Se colocan las diferentes fuentes de sonido y se les definen sus características.
 - 4 Se fija la separación entre los sensores.
 - 5 Se arranca el proceso de simulación. Ello se hace a través de unos botones parecidos al funcionamiento de un equipo de sonido. Existe una flecha que indica el principio de la simulación, dos líneas verticales juntas para una pausa, un cuadrado negro para el final de la simulación. Así mismo, existe un botón con 4 flechas pequeñas que permite ejecutar la simulación paso a paso a fin de poder hacer estudios parciales del proceso.

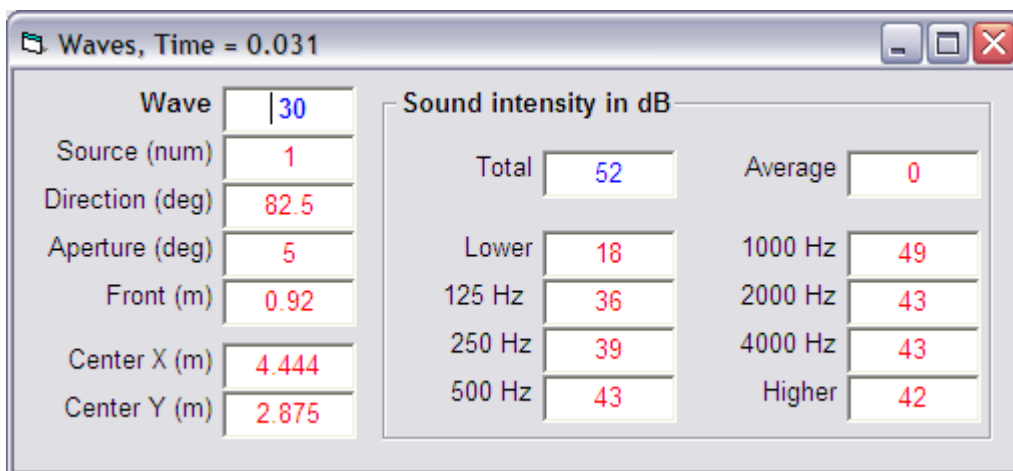
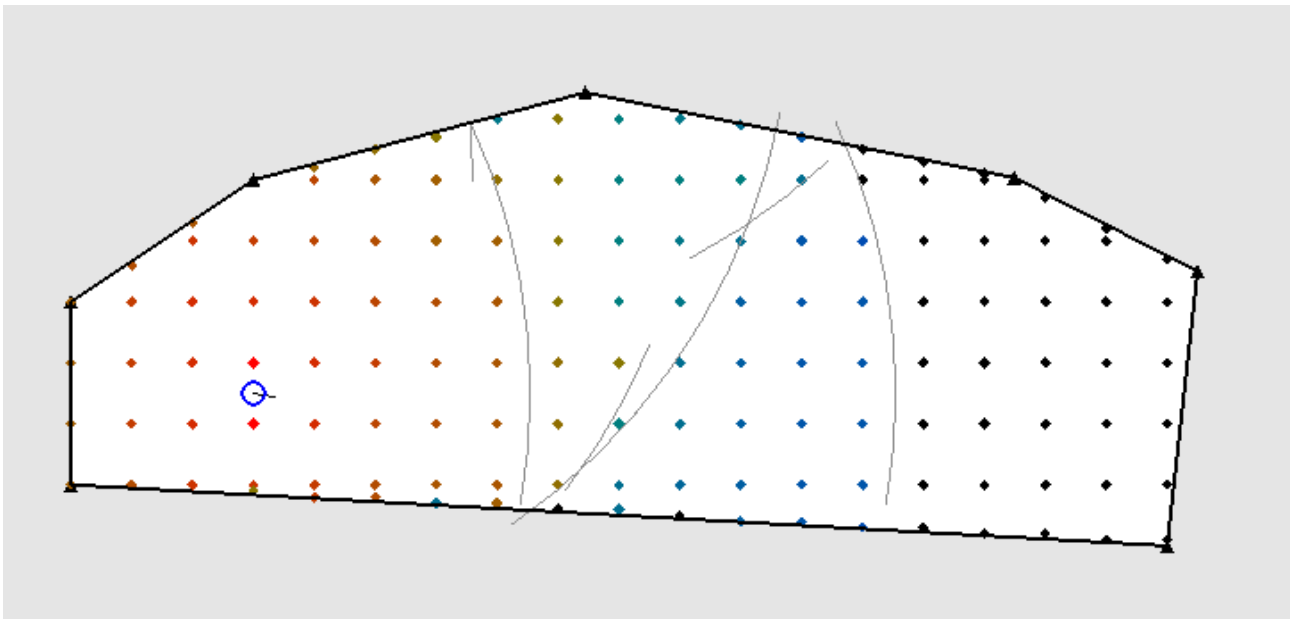


Una vez finalizada la simulación (ya no quedan ondas porque han sido absorbidas o se ha agotado el tiempo fijado) pasamos a analizar lo ocurrido en los sensores. De entrada, los sensores han cambiado de color (negro original) a otro que nos indica de forma rápida la cantidad de energía sonora que ha pasado por él. Podemos también rellenar de color toda la sección del espacio estudiado haciendo una interpolación entre los colores de los sensores.

De todas formas, al clicar con el ratón sobre el sensor obtenemos una tabla de información completa en tres formatos: numérico, direccional y temporal.



En cualquier momento del proceso de simulación podemos parar y analizar cada una de las ondas que está en circulación



o cualquiera de los sensores, tal como se ha comentado anteriormente.

Conclusión

El programa se halla en un estado todavía muy inicial, pero permite trabajar con diferentes supuestos de fuentes de sonido, materiales de cerramiento y distribución de sensores. Y de esta forma, sirve para comprobar la idoneidad del diseño que estemos realizando.

Esperamos que en un futuro próximo se mejoren las prestaciones y que en otro futuro más lejano se pueda dar el salto a las tres dimensiones.