

Absorbente de panal de abejas: explorando la adición de *performance* en sistemas de modelado paramétrico

Honeycomb Resonator: Exploring Performance within Parametrically-Modeled Systems

Pablo Banda

Universidad Técnica Federico Santa María, Chile

✉ pablo.banda.p@hotmail.com

http://pablobp.wordpress.com

ABSTRACT

This paper analyzes the characteristics of the development of generative systems, originated by embedding knowledge of sound absorption within a parametric design system and implementing Helmholtz Resonators for the decrement of low frequencies of sound. The encounter between physically-related knowledge and explicit geometric processes is observed by focusing on contemporary author skills and design postures to outline methodological traces for a performance-based approach to parametric design.

KEYWORDS: parametric modeling, performance-based design, digital fabrication, scripting, custom tools.

En diseño, el uso continuo de las nuevas interfaces de desarrollo algorítmico promete cambiar la posición de los diseñadores y su ejercicio, porque estos dos elementos se han escindido ante el uso de los medios digitales para propósitos meramente representacionales. El *scripting* y los procesos personalizados por el diseñador establecen un ejercicio más consciente de la autoría, que los aleja de la herencia creativa de extraños, heredada del uso de *software* interactivo (Herrera, 2007). Por tanto, el desarrollo de nuestros propios procesos de manera explícita conlleva la depuración de los conceptos de diseño y los vuelve un medio instrumental de consolidación de ideas y proyectos (Fussler, 2008).

Según Robert Aish (2005), en este contexto el diseñador ha de adquirir nuevas competencias asociadas con ítems fundamentales: geometría, composición y pensamiento algorítmico. Así, la instrumentalización y la difusión, en estos últimos años, de esta nueva manera de abordar el proceso de diseño ha derivado en que la generación de forma sea un problema superado; sin embargo, se observa un estancamiento de redundancia en utilidades meramente formalistas, las cuales no plantean nuevos horizontes de interés, sistémica y estéticamente hablando.

Un enfoque de modelado paramétrico, basado en el desempeño, plantea un nuevo escenario: el producto de diseño presenta indivisiblemente bondades estéticas y funcionales muy



Figura 1. Vista en perspectiva de formaciones de resonadores Helmholtz

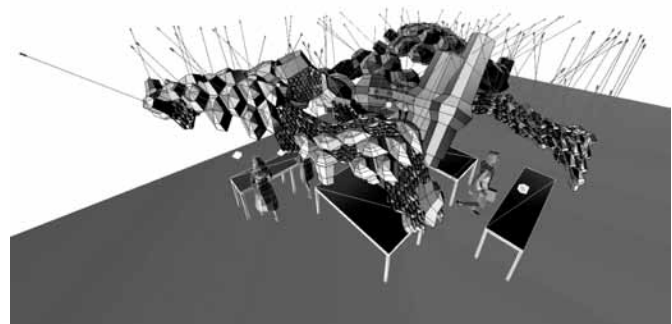


Figura 2. Vista inferior de formaciones de resonadores Helmholtz

sensibles al contexto (figs. 1 y 2) e integra expresiones dentro de algoritmos geométricos, para dotar a los objetos resultantes de atributos con los que respondan a gradientes de desempeños físicos.

Método

Al diseñar, los medios que utilizamos influyen en el desarrollo de la creación. Lo cualitativo del proyecto y la concreción de las intenciones de diseño están condicionados por detalles en la articulación del lenguaje de trabajo y la orientación del propósito al generar geometría.

El sustento lingüístico y geométrico en el que se anida el *algoritmo que soluciona el problema* está conformado por el diseño paramétrico. En esta plataforma se establecen transacciones de datos congruentes, que generan un *sistema paramétrico* o asociación múltiple entre parámetros de proyecto, capaces de obtener soluciones de diseño y su variación. Las características algorítmicas de este sistema corresponden a un *segundo nivel de diseño* (Aish, 2005; Burry, 2003).

La estrategia de solución de problemas de diseño que orienta la topología del sistema paramétrico acá estudiado se denomina *diseño de tareas*. En este caso de estudio, observamos el método de diseño de tareas basado en la descomposición, llamado *descomposición / solución / recomposición* (Chandrasekaran, 1990). Brevemente, consiste en escoger la descomposición más idónea para el problema de diseño, generar especificaciones para los subproblemas resultantes y tomar y resolver estos subproblemas como problemas de diseño.

Se desarrolló una aproximación al diseño basado en desempeño (*performance-based design*) como potencial agente diferenciador, estética y sistémicamente hablando. En este enfoque, el diseño se concibe como una respuesta progresiva a evaluaciones, resultado de simulaciones, en búsqueda de la satisfacción de requerimientos mediante la observación de indicadores de desempeño (Kalay, 1999; Becker, 2008). La acción de diseño se realiza a través de un acto de diseño generativo (por ejemplo, transformación de un elemento, adición de un nuevo nivel de detalle, etc.). Todos estos ítems son gobernados por conocimiento experto.

Patrones y modulación del sistema

El caso de estudio se emplaza en el Laboratorio de Materiales (Labomat), del Departamento de Arquitectura de la Universidad Técnica Federico Santa María (Chile). El requerimiento principal de este trabajo es disminuir el tiempo de reverberación de frecuencias graves. La estrategia y posterior desarrollo se definen bajo un entendimiento del concepto *sonido* y sus derivados para la develación de la forma, en respuesta al fenómeno físico. Tal acto se asume como un proceso de toma de conciencia de la complejidad numérica de las definiciones de sonido, de modo que conjuntamente se establecen las ru-

tinias de modelado paramétrico para cada etapa del plan de consistencia del requerimiento acústico, el cual será segregado en forma de operadores y herramientas.

En la actualidad existe un esfuerzo en cuanto a establecer patrones en el diseño paramétrico, para su educación y difusión (Woodbury, 2007). Estos patrones se definen como *soluciones genéricas para problemas bien descritos* (Woodbury et al., 2007). Su empleo en distintos diseños, lejos de especificar los medios técnicos de su definición, se sostiene en la recurrencia de estos patrones, abstraíbles desde acciones y decisiones de variados tipos. En nuestro caso, los patrones y las rutinas de modelado paramétrico se han explorado como rutinas geométricas que forman una *expertise* potencial, capaz de asociar los trasfondos geométricos de fenómenos más concretos.

Acto de diseño

La cualidad performativa de los operadores geométricos y su vínculo con operadores acústicos dentro de una subtarea radican en la formación conjunta de operaciones geométricas intencionadas, capaces de repercutir directamente en las magnitudes físicas de la propuesta. Se recalca que, independientemente de la postura ante el proceso de diseño, los protocolos y el tránsito directo hacia la forma se conciben como explícitos; por ende, son trazos de injerencia directa del o de los autores. Las repercusiones estéticas de esta orientación a la *performance* son observables en variadas experiencias contemporáneas (Bonwestch et al., 2008; Al-Haddad, 2006; Najle, 2007).

Componente

La acústica arquitectónica define ampliamente un resonador de Helmholtz como un absorbente de frecuencias específicas de sonido. El principio de absorción de este dispositivo se basa en la oposición mecánica del aire dentro del resonador, que resiste la presión de sonido entrante y consume su energía (Russell et al., 1999). La característica principal de estos absorbentes con forma de botella está en el cambio de las dimensiones para variar la frecuencia objetivo y las cualidades de absorción. La expresión general del Resonador de Helmholtz es:

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{LV}}$$

Donde c es la velocidad del sonido (m/s); S , la sección del cuello (m^2); L , la longitud del cuello (m), y V , el volumen de la cavidad (m^3). Esta expresión se complementa para lograr un cuerpo de expresiones capaz de entregar los indicadores de desempeño (Arau, 1999).

Subtareas

El problema de diseño se abarca mediante el uso del resonador. Su definición progresiva se observa en la concomitancia

con la definición del sistema paramétrico. Luego de examinar las relaciones entre dimensiones del resonador y su desempeño, se desglosa la definición del resonador en la siguiente secuencia de subtareas (Fig. 3).

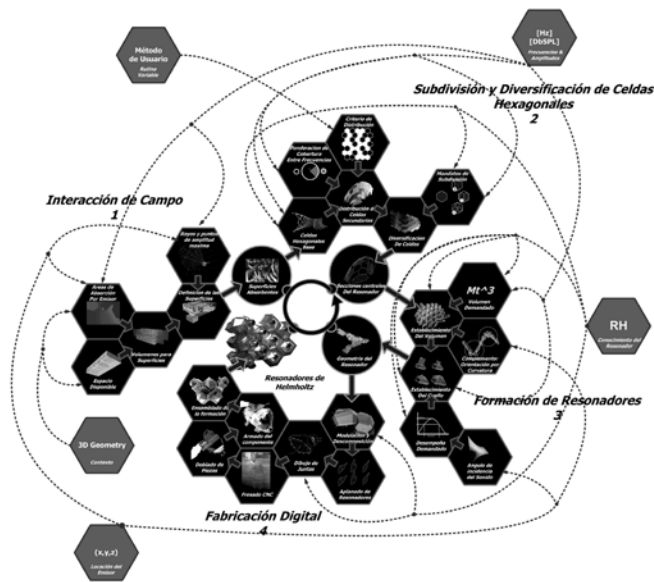


Figura 3. Tarea de diseño ilustrada

Interacción de campo

Se define la posición de los resonadores en el espacio. Una absorción de sonido exitosa se caracteriza por la degradación de la mayor cantidad de energía sonora arrojada por los emisores; entre tanto, la magnitud de este sonido —léase la presión sonora (decibelios) mayor— se ubica en ciertas zonas de la onda de sonido emitida, específicamente las amplitudes máximas de sonido, que se observan cada media longitud de onda ($\lambda/2$). Si bien la cima y el valle de las ondas de sonido emitidas recorren todo el espacio, se opta por atacar a todos estos *picks* a la vez, tomando estos casquetes de puntos como isosuperficies. Geométricamente se obtiene una lista ordenada de puntos, con los cuales se define una superficie que pasa por la sección central de los resonadores.

Subdivisión y diversificación de celdas hexagonales

Se define la posición local y la frecuencia objetivo de los resonadores. El régimen geométrico que se establece para el resonador es herencia directa del incremento numérico observado en la escala de frecuencias de sonido. Al ser esta una escala logarítmica, el régimen de portes de resonadores cambia sustancialmente en el momento de incrementar el valor de una frecuencia. Una característica fundamental en este trabajo es la incorporación de resonadores para frecuencias objetivo secundarias, ya que para su incorporación se realiza una subdivisión recursiva de las celdas destinadas para los resonadores absorbentes de las frecuencias primarias. La sección definida corresponde al volumen del resonador, mag-

nitud utilizada para fijar la frecuencia de resonancia. Una vez logrado esto, se entra en un rango funcional en el que se establecen los detalles del desempeño de la absorción.

El patrón definido es el *placeholder* (Woodbury, 2007), o geometrías base para la posterior generación de una instancia de componente. Como característica específica, estas celdas poseen forma hexagonal (Kudless, 2004), debido a que es un patrón eficiente para distribuir el espacio.

Formación de resonadores

Definición de las dimensiones del resonador las características de la absorción. Esta subtaska finaliza el establecimiento del volumen demandado por la frecuencia, al adoptarlo a la curvatura de la superficie huésped. En un segundo momento, establece el desempeño del resonador, definido por medio de dos indicadores: (1) ancho de banda o intervalo de frecuencias que se está absorbiendo y (2) coeficiente de absorción o porcentaje absorbido de la frecuencia específica. Estos valores se establecen mediante incrementos de las dimensiones del cuello, a fin de navegar por los valores del coeficiente de absorción, los cuales son inversamente proporcionales al ancho de banda.

Fabricación digital

El proceso generativo se concibió integrando el conocimiento acerca de su fabricación (su geometría); así mismo, en todas las subtareas se observaron tolerancias en el trabajo dentro de operaciones geométricas. La geometría obtenida mediante las subtareas anteriores es descompuesta, aplanada y complementada, para fabricar CNC mediante fresado (Sass et al., 2007). El sistema de nomenclaturas, instrucciones y juntas que respaldan la fabricación, luego del mecanizado, corresponden a una interpretación del proceso generativo expuesto.

Discusión

Como se observa en la Fig. 3, existen dependencias entre los productos de las subtareas debido a tolerancias establecidas por las exigencias materiales del resonador, así como por ímpetus de autor frente al producto. Estas dependencias transforman el proceso de diseño lineal a uno interdependiente, donde se deben rastrear operaciones internas de cada subtaska, al igual que observar y acotar los rangos de magnitudes de los insumos primarios de esta tarea de diseño. Por ejemplo, al observar la Fig. 2, las subdivisiones para celdas secundarias pasados los 250 Hz dificultan la construcción de resonadores mediante descomposición en plantillas 2D y recomposición en 3D; en este caso existe un par de opciones para sortear esta brecha: por un lado, se podría incluir otra rutina de fabricación, lo que debería decantar en otro modo de lograr geometría para frecuencias más agudas. Por el otro, restringir el intervalo de frecuencias admisibles para la absorción. En este sentido y por definición, el resonador de Helmholtz es idóneo

para absorber frecuencias graves (bajos), por lo cual el intervalo de frecuencias y el problema de diseño se ven acotados.

Conclusión

El enfoque centrado en un diseño basado en desempeño radica en todo cuanto la edificación debe cumplir, no en los detalles técnicos; sin embargo, el plantearse algunos requerimientos como partida hace dar indirectamente un paso hacia la formalización del proceso. Por lo tanto, implementar en arquitectura el diseño basado en desempeño, a través del desarrollo de sistemas paramétricos, plantea una tensión y osmosis, en la cual la granularidad del proceso conforma un interrogante ante el ejercicio del diseño, como la prevalencia de las intenciones de diseño por sobre los detalles técnicos de la conformación de un producto o propuesta.

Acá se planteó un enfoque contemporáneo de un autor y sus intenciones, que se deberían inferir en la topología del sistema paramétrico y las magnitudes físicas asociadas con la forma que genera.

Agradecimientos

Muchas gracias al equipo de Integración Digital de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), de Chile; así como a Roberto Barría y a Marcelo Bernal.

Referencias

- Aish, R. (2005). *From intuition to precision, digital design: the quest for new paradigms*. Documento presentado en la Conferencia Anual de Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), Lisbon, pp. 10-14.
- Al-Haddad, T. (2006). *PerFORMance: integrating structural feedback into design processes for complex surface-active form*. Tesis de maestría no publicada, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Estados Unidos.
- Arau, H. (1999). *ABC de la acústica arquitectónica*. Barcelona: Ceac.
- Becker, R. (2008). Fundamentals of performance-based building design. *Building Simulation*, 1 (4), 356-371.
- Burry, M. (2003). Between intuition and process: parametric design and rapid prototyping. En B. Kolarevic (Ed.), *Architecture in the digital age design and manufacturing* (pp. 149-162). New York: Spon Press.
- Chandrasekaran, B. (1990). Design problem solving: a task analysis. *AI Magazine*, 11 (4), 59-71.
- Fussler, K. (2008). *Design by tool design*. Documento procedente de la Conferencia Anual de Advanced in Architectural Geometry, Viena.
- Herrera, P. (2007). *Solución de problemas relacionados al diseño de superficies complejas: experiencia de programación en la educación del arquitecto*. Documento procedente de la Conferencia Anual de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (Sigradi), México, pp 97-101.
- Kalay, Y. E. (1999). Performance-based design. *Automation in Construction*, 8 (4), 395-409.
- Kudless, A. (2004). *Honeycomb morphologies*. Recuperado el 1 de septiembre de 2010, de <http://matsysdesign.com/category/projects/honeycomb-morphologies/>.
- Najle, C. (2007). Artes maquinicas. En C. Astudillo y M. P. Velásquez (Eds.), *Propagaciones* (pp. 116-129). Valparaíso: Criptonita.
- Rossell, I., Ramírez, M. y Ordoño, F. (1999). *Sistema de absorción de baja frecuencia para el tratamiento acústico de una sala de grabación*. Documento procedente de la Conferencia Anual de la Sociedad Española de Acústica (Tecnacústica), Ávila, pp.1-7.
- Sass, L., Michaud, D. y Cardoso, D. (2007). *Materializing a design with plywood*. Documento procedente de la Conferencia Anual de Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), Frankfurt, pp. 629-636.
- Woodbury, R. (2007). *Design patterns for parametric modeling*. Recuperado el 1 de septiembre de 2010, de <http://www.design-patterns.ca>.
- Woodbury, R., Aish, R. y Kilian, A. (2007). *Some patterns for parametric modeling*. Documento procedente de la Conferencia Anual de la Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA), Halifax (Nova Scotia), pp. 222-229.