

## **“Gaudí. La búsqueda de la forma”: Geometría para todos los públicos.**

*Autor:* Joan Font Comas

*Grupo de Trabajo:* 3

*Universidad:* Universidad Politécnica de Cataluña

Dentro del conjunto de manifestaciones que se organizaron con motivo de la convocatoria del *Año internacional Gaudí-2002*, el programa incluía una exposición en el Salón del Tinell de Barcelona, titulada “Gaudí. La búsqueda de la forma”. En el organigrama general del evento, a esa muestra se le dio un papel central: su inauguración debía marcar la apertura oficial del *Año*; su comisario sería el mismo comisario general del global de la convocatoria, Daniel Giralt-Miracle; y la muestra sería organizada conjuntamente por el ayuntamiento de la ciudad condal y la SEACEX, organismo estatal que se encargaría de su posterior exhibición por diversos países.

Pese a esos antecedentes, la exposición no tuvo un parto fácil, ya que su planteamiento resultaba ciertamente insólito: realizar, a través de siete ejemplos concretos, una aproximación a la estructura geométrica que rige las formas de la mayor parte de la obra de Gaudí. Se trataba, pues, de organizar una exposición sobre Gaudí en la que el protagonismo no lo tendrían los aspectos más tópicos y conocidos de su obra sino el esqueleto abstracto de la geometría que la sustenta.

Se comprenderá que, en una sociedad que prácticamente ha erradicado todo vestigio de conocimiento geométrico de la cultura de sus ciudadanos (y de más de una escuela de arquitectura), plantear una exposición en esos términos causara cierto estupor en más de un responsable público. Máxime cuando se trataba de una exposición a la que se pretendía asignar un importante protagonismo ciudadano y de la que se esperaba que constituyera un reclamo para atraer nuevos visitantes a una ciudad que ha hecho del turismo cultural uno de sus objetivos. Durante su gestación, el proyecto despertó, pues, no pocos recelos. Fue calificado de frío, duro, elitista y selectivamente orientado a técnicos y arquitectos.

Pese a todo, la exposición fue inaugurada el 20 de marzo de 2002 y permaneció abierta hasta el 29 de septiembre del mismo año. Con posterioridad, ha viajado hasta las ciudades de León, Génova y Tokio, y, por el momento, tiene previsto continuar su periplo desplazándose hasta Australia y Brasil.

El objetivo de esta comunicación es dar a conocer algunas de las claves de lo que fue el trabajo del CAIRAT<sup>1</sup> para ese montaje sobre la geometría de Gaudí. Un trabajo que, pese a su amplia difusión, a través de las respectivas exposiciones en las ciudades visitadas y de las ediciones del correspondiente libro/catálogo<sup>2</sup> (hasta el momento, traducido ya a cinco idiomas), no ha sido expuesto aún al análisis más especializado de la propia área de conocimiento.

### **Planteamiento expositivo**

Aislando, como temas de estudio, siete elementos de la arquitectura de Gaudí y su correspondiente esqueleto geométrico, el planteamiento de la exposición se ajustó a un patrón formado por dos tipos de discurso, complementarios pero de clara distinción. De una parte, un discurso estático, meramente mostrativo, orientado a su contemplación por parte del visitante y, de otra, un discurso narrativo, a través del cuál emitir información explícita sobre los distintos temas objeto de la muestra.

---

<sup>1</sup> CAIRAT: Centro de Aplicaciones de la Informática a la Representación de Arquitectura y Territorio de la ETSA del Vallés ([www.etsav.upc.es/cairat](http://www.etsav.upc.es/cairat)).

<sup>2</sup> GIRALT-MIRACLE, Daniel (director). *Gaudí. La búsqueda de la forma*. Barcelona: Lunweg, 2002.



Fig.1: Vista de la exposición en el Salón del Tinell, con algunos de los modelos de gran formato.

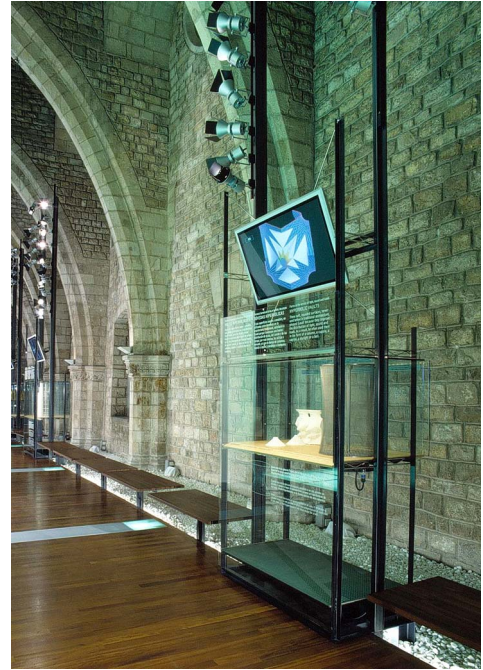


Fig.2: Vista de uno de los siete expositores, con su correspondiente pantalla de plasma.

El discurso contemplativo se confió en cada caso a un conjunto de objetos que, siguiendo una disposición didáctica, captaran la atención del visitante y provocaran su reflexión en torno al tema. Si el elemento estudiado lo permitía, su tratamiento expositivo debía pivotar en torno a un modelo de gran formato (a ser posible, a escala 1:1). Esa pieza singular (fig.1) centraría así un conjunto formado por otros modelos o maquetas de escala reducida; conjunto que, según el caso, sería complementado con algunos objetos naturales de estructura morfológica análoga a la del elemento estudiado. Todo ello con la intención de aproximar al visitante, a través de esa visión contemplativa, a una constatación física del principio geométrico y/o constructivo que fundamentaba el tema expuesto.

Sin embargo, todo el discurso didáctico de la contemplación de esa colección de objetos resultaría vano si, en paralelo, el visitante no recibía mensajes explícitos que le facilitaran las claves para su interpretación. Mensajes que expusieran, en cada caso, el fundamento geométrico del tema, relacionándolo con el elemento *gaudiniano* estudiado y, por consiguiente, con el conjunto de objetos mostrados. Para ese imprescindible discurso narrativo, comisario y comité asesor pensaron desde el primer momento en rehuir lenguajes textuales y acudir a sistemas de comunicación visual o audiovisual, basados en animación. Ello se justificaba básicamente por dos razones: de una parte, por entender que esos son los sistemas lingüísticos más propios de la cultura contemporánea y, de otra, porqué el objeto de la exposición –la aplicación que Gaudí hace de determinados conceptos geométricos– requería la visualización explícita de los mismos. Se previó, pues, disponer, para cada uno de los siete temas, una pantalla de plasma de formato 16:9 y 42" de tamaño, desde la cuál se proyectaría la información visual que debía conformar el correspondiente discurso narrativo.

Respondiendo a esa concepción general, el esquema espacial del montaje se basó en la disposición de siete muebles expositores, uno para cada tema, destinados a: albergar una vitrina para los objetos de pequeña escala, soportar los focos de la iluminación y sostener las pantallas de plasma (fig.2). De esta forma, los expositores permitían agrupar, en una misma unidad, los objetos relativos a un tema y su correspondiente pantalla informativa. Una pantalla cuya colocación, ligeramente inclinada hacia el suelo, con la base a una altura de 2,10 m. y orientada de cara a un espacio amplio, aseguraba su visibilidad, a la vez que liberaba al espectador de la molesta sensación de estar obstruyendo la visión a otros visitantes. La intencionada disposición de los modelos de gran formato y el ritmo marcado por los propios arcos

diafragmáticos del Salón del Tinell –integrando a los expositores- ordenaba el espacio y organizaba el recorrido.

### **El encargo**

Una vez definido con claridad el esquema general, el comisariado era consciente de la importancia del discurso narrativo que debía emanar de las siete pantallas. En buena medida, de su claridad de mensaje y de su capacidad para conectar con el público –haciendo entendedores, de forma atractiva, unos conceptos geométricos nada triviales- dependía el éxito del proyecto. Dependía, en suma, el que aquella fuera efectivamente una exposición para todos los públicos y no acabara siendo, como algunos auguraban, una muestra selectiva y cerrada, sólo para iniciados.

Si bien la trascendencia de las pantallas quedaba clara, no se tenía ninguna prefiguración de cómo debía ser ese discurso visual, ni en su forma ni en el propio hilo argumental o narrativo. Así, con el aval de algunos trabajos anteriores, en el ámbito de la animación y la comunicación audiovisual, y de una ya larga trayectoria docente en el campo de la geometría descriptiva, nuestro grupo recibió el encargo de llenar de contenido aquellas siete pantallas.

### **Condicionantes del encargo**

En el momento de asumir el encargo el dibujo general de la exposición estaba ya definido, con bastante precisión, en términos de plantear una aproximación a la obra de Gaudí centrada en sus métodos de trabajo y, sobretudo, en el control estructural y constructivo de la forma, que obtenía a través de la geometría. Una aproximación, sin embargo, que se quería presentar de una forma absolutamente rigurosa, a la vez que atractiva y accesible para todo tipo de visitantes.

Del diseño espacial de la exposición, se desprendía un condicionante adicional: la imposibilidad de utilizar locución, o cualquier otro tipo de audio, dado que la unicidad del espacio exigía una única ambientación acústica que se confiaría a una música envolvente para toda la sala. Por otra parte, la exposición iba a ser itinerante, con previsión de viajar a países de idiomas y alfabetos muy distintos; circunstancia que añadía una nueva restricción: la imposibilidad de utilizar información escrita en las pantallas. Por consiguiente, el encargo quedaba definido como un ejercicio de estricta comunicación visual; más concretamente: un discurso de geometría visual. Algo muy acorde, por otra parte, con el pensamiento de Gaudí y su modo visual de entender y explicar la geometría<sup>3</sup>.

### **Los siete temas**

Los temas a explicar no formaban un conjunto homogéneo. Tres de ellos hacían referencia específica al uso que Gaudí hizo de algunas superficies regladas alabeadas. Los elementos arquitectónicos escogidos en este grupo fueron: las bóvedas convexas del pórtico de la cripta de la Colonia Guëll, las bóvedas de las naves laterales de la Sagrada Familia y la cubierta y los muros de las Escuelas Provisionales, también de la Sagrada Familia. El interés del primer caso se centra en el uso del paraboloide hiperbólico para la formalización de las bóvedas; en el segundo elemento escogido, el tema geométrico es el hiperboloide hiperbólico, superficie en cuyo uso Gaudí basa el desarrollo de su idea de asimilar la bóveda del templo a la que conformarían las copas de los árboles de un bosque; por último, el edificio de las Escuelas, en su conjunto, se caracteriza por el empleo que en él Gaudí hace del conoide recto.

Un segundo grupo de tres temas se centraba en procesos de generación de formas complejas. En este grupo, los elementos escogidos procedían todos de la obra de la Sagrada Familia y, en concreto, fueron: la cúpula de la sacristía, las columnas arbóreas de las naves laterales del templo y las bases de los pináculos de las torres. Aunque con distintas diferencias, los tres casos responden a un proceso de generación formal por macla de primitivas y posterior eliminación de partes sobrantes del conjunto, hasta obtener la forma final.

---

<sup>3</sup> Véase MARTINELL, Cèsar. *Gaudí i la Sagrada Família comentada per ell mateix*. 2ª ed. Valls: Cossetània, 1999.

Por último, el séptimo tema se centró en los métodos empíricos de Gaudí para adecuar la forma a una disposición *natural* de la materia, optimizando así su comportamiento mecánico.

## Las superficies

No podía pretenderse que alguien que no tiene conocimiento alguno de un determinado concepto geométrico pudiera visualizarlo, sin más, sobre una obra ya realizada. Comprender cómo Gaudí hace uso de las superficies regladas alabeadas y, por consiguiente, interpretar el sentido del ejemplo escogido en cada caso y de la correspondiente colección de objetos que lo ilustraban requería el previo conocimiento de la propia superficie.

Los tres temas centrados en superficies alabeadas se plantearon siguiendo un mismo patrón: una secuencia inicial que diera conocimiento de su geometría, seguida de una segunda secuencia mostrando la aplicación concreta de esa geometría sobre el elemento constructivo escogido. Sin embargo, el punto a precisar era el registro en que debía darse ese conocimiento geométrico inicial.

Dados los planteamientos de la muestra, un registro académico quedaba fuera de lugar, ya que no se trataba tanto de que, a la salida, el visitante *supiera* qué era un paraboloide hiperbólico sino de que, de una forma u otra, lo hubiera *visto*, lo hubiera *percibido*. Muy probablemente, muchos visitantes no retendrían ni el nombre de aquella superficie; pero, a través del clip y, a partir de ahí, de todo el conjunto de objetos que lo acompañaban, la pretensión era que tomaran conciencia de su existencia, alcanzando un conocimiento de ella en un plano, sino intelectual, sí perceptivo. En definitiva, el conocimiento necesario para comprender el mensaje de cómo la forma del elemento mostrado respondía a aquella estructura geométrica. Se consideró, pues, que el conocimiento de la geometría de las superficies debía concretarse en mostrar su generación (particularmente, su condición de regladas), sus secciones planas más características y su cualidad de doble curvatura.

En los tres casos, la generación de las superficies se presentó bajo el prisma de acentuar su carácter de regladas. Así, la generación del paraboloide hiperbólico aparece como resultado de la torsión de un cuadrilátero que enmarca una doble trama de rectas; la del hiperboloide hiperbólico resulta del giro simultáneo de dos rectas (una de cada familia) entorno a un eje no coplanario; mientras que el conoide es presentado como la consecuencia de la traslación paralela de una recta que se desliza, a la vez, sobre dos directrices: una curva y otra recta. La animación de esos procesos permite mostrar de forma visual el concepto de las superficies y evidenciar su simplicidad, pese a la relativa rareza del resultado formal (fig.3).

Para visualizar las secciones planas más características de cada superficie se utilizaron recursos distintos según el caso, si bien siempre con el denominador común de la claridad visual (fig.4). Así, para mostrar las secciones parábola del paraboloide

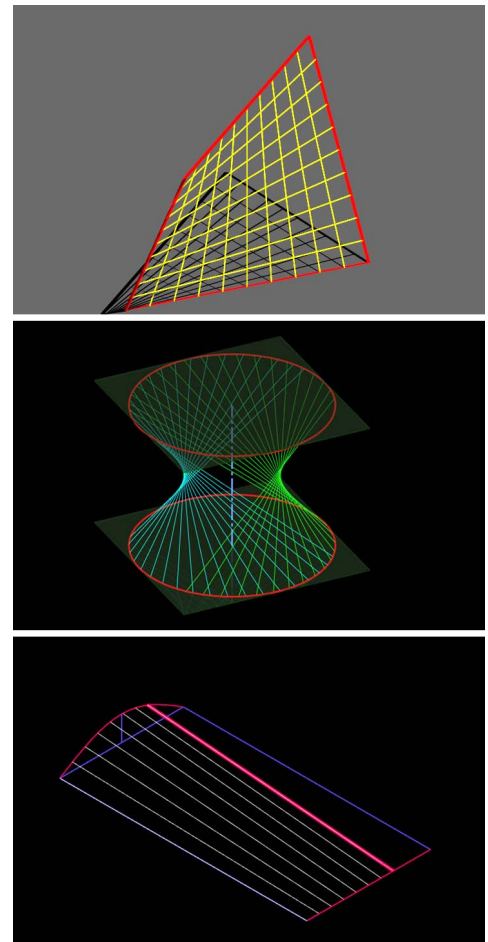


Fig.3: Fotogramas de los procesos de generación de: paraboloide hiperbólico, hiperboloide hiperbólico y conoide recto.

hiperbólico, se recurrió a un supuesto plano de luz<sup>4</sup> que, en primera instancia, resigue la superficie siguiendo una traslación paralela y evidenciando así la igualdad de la curva de sección para cada posición; en una segunda fase, el plano gira, mostrando como la parábola sección se aplanaba, hasta llegar a la recta; momento en el que el giro empieza a originar parábolas con curvatura opuesta a la de la posición inicial, hasta llegar al máximo, en la orientación de la segunda parábola principal; por último, ya en esta última orientación, el plano vuelve a ser trasladado paralelamente y muestra, de nuevo, la igualdad de esas secciones paralelas. Ese mismo recurso del plano de luz permitió también visualizar la variación de las secciones del conoide, entre las directrices recta y curva.

En el caso de las secciones hiperbólicas del paraboloides, el recurso visual empleado fue suponer la progresiva inmersión del elemento en un medio líquido. Así, la paulatina elevación del plano superficial del fluido va dibujando, sobre el paraboloides, hipérbolas que corresponden, en cada instante, a la frontera entre la parte emergente y la sumergida.

Las auto-ocultaciones que se producen en el hiperboloides hiperbólico aconsejaron visualizar sus secciones planas a través de cortes efectivos del elemento. Una línea, con distintas inclinaciones va cruzando la pantalla y cortando, en directo, el hiperboloides. Tras el pase completo de la línea, la forma inicial aparece cortada mostrando la curva de sección, en toda su dimensión, pero no se pierde la constancia visual de la parte cortada, que aparece como calcinada. Con ello se facilita una mejor comprensión de la relación entre la curva resultante y la superficie inicial.

Tanto en el paraboloides como en el hiperboloides, se intenta mantener, en todo momento, la presencia visual del entramado de rectas, como recurso que ayuda a comprender la forma y como refuerzo de la idea de su doble generación (fig.5). En la parte final de los clips, cuando el objetivo es reconocer esas geometrías en la obra de Gaudí, el trazado de la malla de rectas será usado como recurso para identificar cada superficie sobre las formas del elemento constructivo.

### Las formas compuestas

Los tres temas escogidos para ilustrar los procesos de generación formal que seguía Gaudí presentaban características muy distintas. En el caso de la cúpula de la sacristía, la forma puede explicarse con facilidad como una cúpula a gajos, según un patrón habitual en el románico y el gótico. Sin embargo, mientras que los gajos de esas cúpulas medievales eran cortes de cilindro, en ese caso las superficies primitivas son paraboloides hiperbólicos. Por consiguiente, el objetivo del clip era visualizar esa raíz geométrica. Para ello, la secuencia se inicia con la generación, a partir de sendos cuadriláteros alabeados, de los dos tipos de paraboloides que componen la forma. La disposición simétrica de 4 paraboloides del primer tipo y 8 del segundo encierra un espacio cuya piel se va recortando hasta generar la estructura geométrica básica de la cúpula gaudiniana. Durante todo el proceso de generación, se mantiene en pantalla la visibilidad de la malla de rectas de cada paraboloides. Ello facilita el reconocimiento visual de la superficie y evidencia cómo el trazado de las aberturas de la cúpula se ajusta también a la estructura geométrica del paraboloides.

<sup>4</sup> La paternidad de la idea corresponde al propio Gaudí quien, en su *Obrador* de la Sagrada Familia y, utilizando una cubierta móvil, estudiaba los cortes de las superficies mediante planos de luz que hacía incidir sobre sus maquetas. Véase MARTINELL, Cèsar, *Gaudí i la Sagrada Família comentada per ell mateix*. 2ª ed. Valls: Cossetània, 1999, y también, Josep Vicent GÓMEZ SERRANO, Jordi COLL GRIFOLL, Joan FONT COMAS y Genís Àvila Casademont, *La reconstrucció virtual del Obrador de Gaudí*. Revista LOGGIA, nº 9.

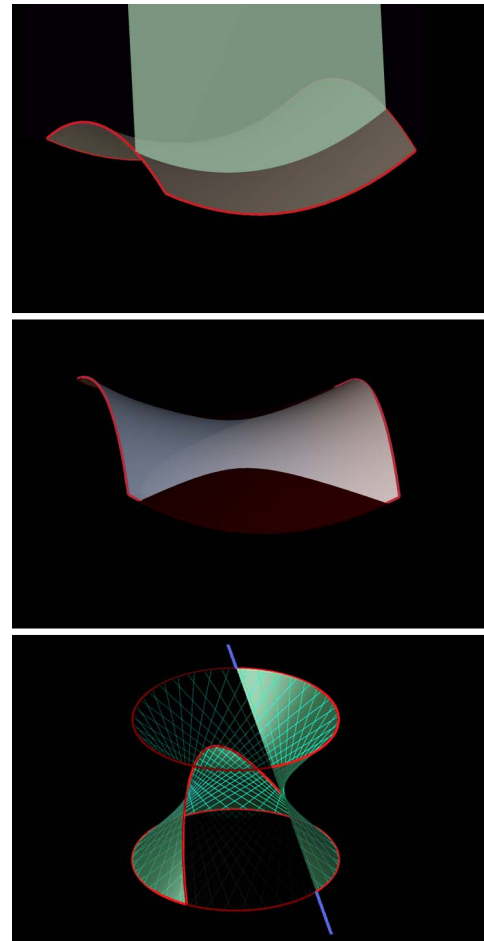
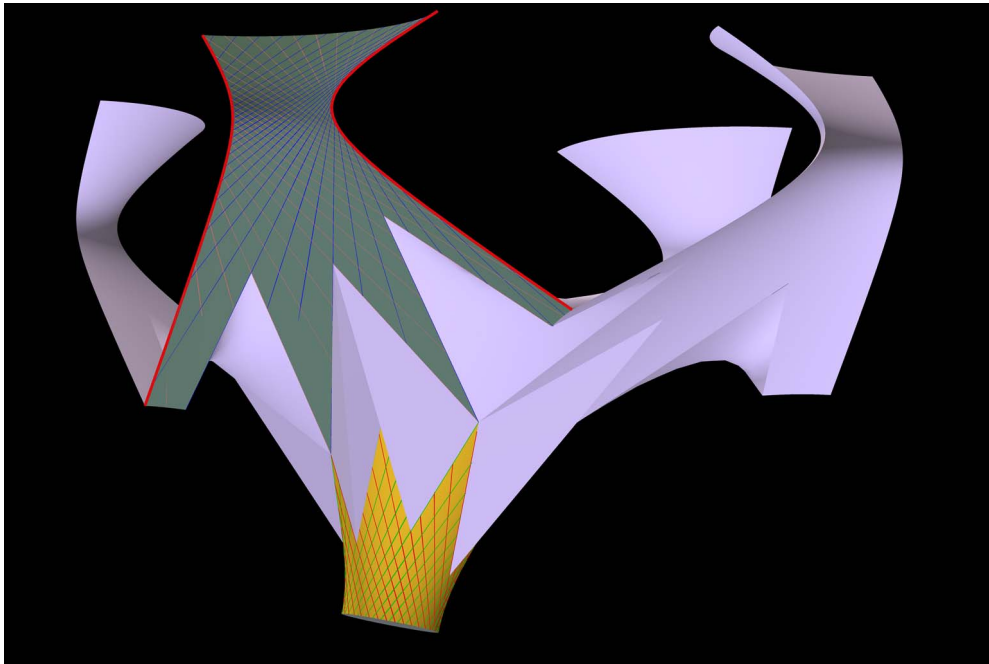


Fig.4: Distintos recursos para visualizar las principales secciones planas de las superficies.



*Fig.5: El trazado de la doble malla de rectas ayuda a la identificación visual de superficies de hiperboloide en el capitel y en los casquetes de un elemento de bóveda.*

Explicar con claridad la generación de la columna arbórea representaba todo un reto. Con anterioridad, Jordi Bonet<sup>5</sup> y Mark Burry<sup>6</sup> habían dado noticia detallada del proceso de generación de todo el juego de columnas de la Sagrada Familia. Sin embargo, sus respectivas visiones –sin duda condicionadas por la implicación directa de ambos con las obras del templo y, por consiguiente, con los problemas de la ejecución constructiva de esas columnas- resultan de comprensión difícil. Requieren un considerable esfuerzo de lectura para alguien no inmerso en el contexto de la obra. Conseguir, pues, que el visitante de la exposición alcanzara a comprender el mecanismo de generación de la forma de la columna, en los poco más de 100 segundos de duración del clip, requería plantear el tema de forma muy distinta.

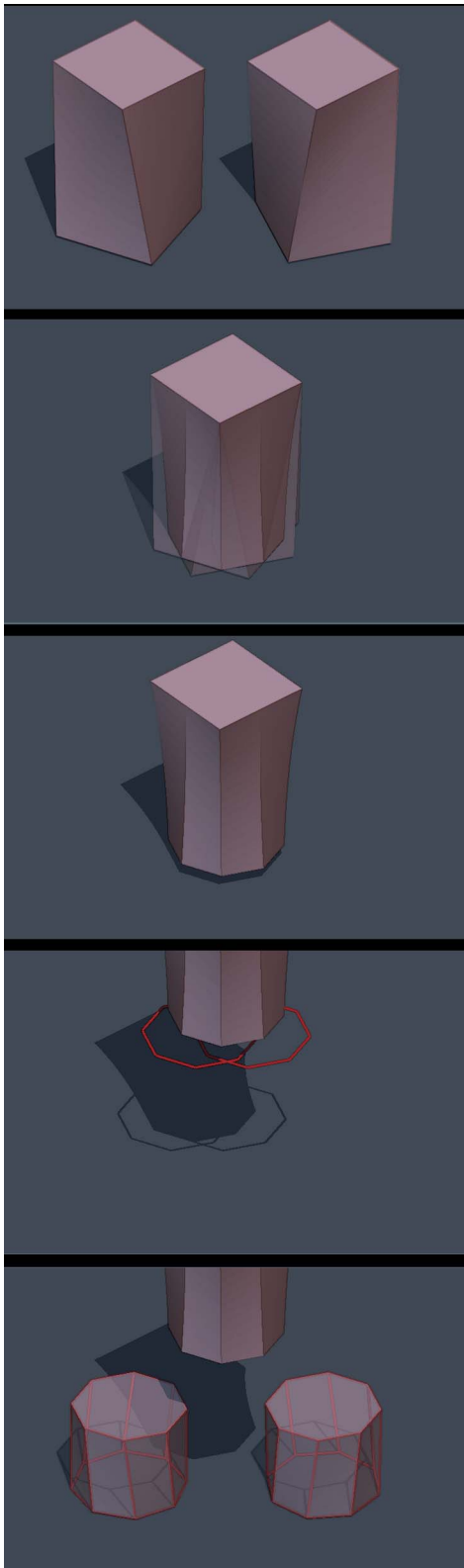
Pero el lenguaje de la animación permite visualizar procesos físicamente imposibles, bien que perfectamente concebibles en abstracto. Procesos que, aunque desligados de la realidad constructiva, resultan mucho más próximos al pensamiento formal, al trazado geométrico que rige la concepción de la forma. En esencia, el tema a explicar era cómo Gaudí consigue resolver la transición desde la sección cuadrada a la circular, con perfecta continuidad vertical. El origen de esa forma puede explicarse como resultado de un proceso que combina: doble extrusión de una misma sección, sendas torsiones de ángulo idéntico pero sentidos opuestos en cada caso, yuxtaposición de ambos sólidos y, finalmente, eliminación de las partes no comunes. La iteración de ese proceso para la sección resultante en la base de cada nuevo sólido común, va originando nuevas secciones, cada vez con el doble de vértices (fig.6), hasta llegar a los 128, sección que perceptivamente puede considerarse ya circular. Pese a ser físicamente irrealizable, ese proceso resulta perfectamente admisible en el contexto abstracto de una animación y expresa, con gran claridad visual, el mecanismo de generación de las distintas secciones de la columna objeto de estudio.

Formalmente, las bases de los pináculos de las torres resultan de la macla de un cubo-octaedro con una esfera, y posterior perforación cilíndrica del sólido formado. La relativa simplicidad del tema dio pie a iniciar el clip con unas secuencias de conocimiento visual de los 5 poliedros regulares y de la relación geométrica entre cubo y octaedro, en tanto que poliedros conjugados. La menor complejidad –y plasticidad- de la forma fue suplida con un mayor dinamismo de la imagen, lo que dio lugar a que bastantes espectadores consideraran éste como uno de los clips de mayor atractivo visual de todo el conjunto.

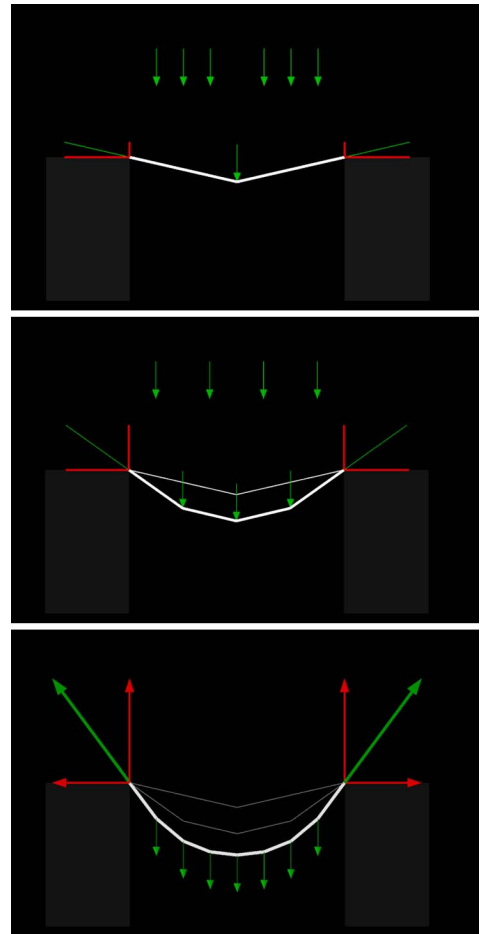
### **Funiculares y catenarias**

<sup>5</sup> BONET ARMENGOL, Jordi. *L'últim Gaudí*. Pòrtic, Barcelona, 2000.

<sup>6</sup> BURRY, M.C. *The Expiatori Church of the Sagrada Familia*. Phaidon, Londres, 1993.



*Fig.6: La iteración del proceso va originando nuevas secciones, cada vez con doble número de vértices.*



*Fig.7: La aplicación de las cargas va generando, por deformación, el polígono funicular.*

La última de las siete pantallas tenía por objeto explicar el origen del trazado de algunos de los arcos utilizados por Gaudí. En este caso, a diferencia de los anteriores, la forma no responde a leyes ni a procesos de resolución regulados por la geometría, sino a la búsqueda de una mejor adaptación de la forma a la resistencia mecánica.

Una de las grandes preocupaciones de Gaudí fue disponer la materia de la forma más adecuada para soportar esfuerzos de una manera natural. Si bien parece innegable que su concepción constructiva y arquitectónica arranca del gótico, es una constante en su obra la obsesión por eliminar contrafuertes u otra clase de artificios, históricamente indispensables en las arquitecturas que, como la suya, no utilizan materiales capaces de absorber tracciones.

Parangonando los métodos empíricos de Gaudí para la determinación de la forma estructural mediante modelos antifunculares, el clip muestra la progresiva deformación de una supuesta cuerda, inicialmente horizontal, a medida que se van disponiendo cargas sobre ella (fig.7). La inversión simétrica del polígono funicular resultante definirá el trazado del arco funicular, ejemplarizado en la fuente de la Casa Vicens.

De manera similar, se presentan las catenarias como la colección de curvas que va dibujando una cadena, al modificar la tensión en sus extremos. La variación de las componentes vertical y horizontal de esa tensión permite comprender el sentido mecánico de los arcos catenarios que Gaudí utiliza en la buhardilla de la Casa Milà.

## **Conclusión**

Disipando los temores iniciales, la exposición "Gaudí. La búsqueda de la forma." recibió más de 150.000 visitantes en Barcelona. Siguió captando el interés del público en sus respectivas instalaciones de León y de Génova y, en el momento de concluir la presente comunicación, es objeto de una acogida que cabría calificar de entusiasta por parte del público de Tokio.

La exposición de Barcelona fue distinguida con el premio FAD-2003, en el apartado de espacios efímeros, por "... *la eficacia pedagógica con que desvela y revaloriza la estructura existente bajo la piel de la arquitectura de Gaudí, gracias a la meticulosa labor de un equipo multidisciplinar...*".

Con todo, en un plano tal vez más íntimo, la consecuencia más positiva de esta experiencia ha sido el comprobar cómo, rescatándolo de un planteamiento matemático-numérico y recuperando su expresión visual, el conocimiento geométrico seduce e interesa. En este sentido, ilusiona especialmente recibir noticia de profesores de secundaria constatando el grado de interés que esa exposición despertó en sus alumnos y cómo la visita motivó trabajos posteriores en las aulas, realizados con notable entusiasmo y participación, sobre un tema –la geometría de las superficies– que tradicionalmente solía despertar escasa motivación en los alumnos.