

# ARQUITECTURA DEL SIGLO XX Y CLASES DE MATEMÁTICAS

Claudi Alsina

La arquitectura del siglo XX nos ofrece una colección enorme de objetos, edificios, plazas, calles, ciudades, puentes, etc., donde poder descubrir interesantísimos ejemplos matemáticos. Frecuentemente, los ejemplos arquitectónicos con los cuales ilustramos muchos apartados geométricos acostumbran a ser singulares edificios históricos como las Pirámides de Egipto, la Alhambra de Granada, el Pentágono americano o las catedrales góticas. Sería deseable que, sin renunciar a los referentes históricos, también hiciéramos un uso adecuado de esta arquitectura bella y actual que el siglo XX nos ha puesto a disposición.

En este pequeño artículo quisiéramos indicar, para diferentes temas geométricos, cuáles podrían ser ejemplos de arquitectos o de obras en los que encontrar interesantes ejemplos ilustrativos.

## Módulos y proporciones

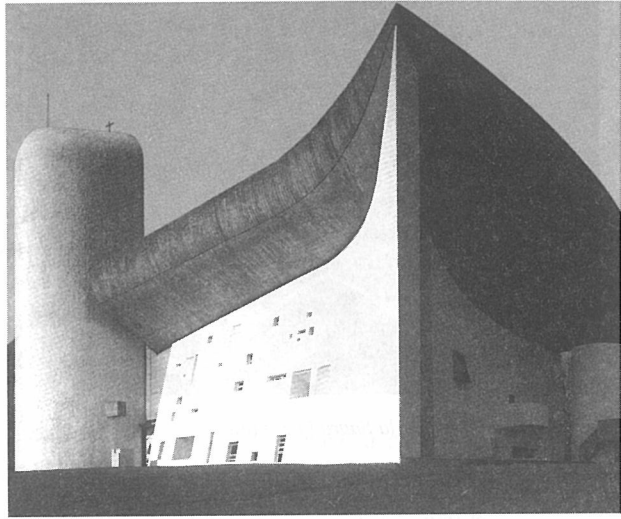
Las ideas de Le Corbusier, tan bien expuestas en su *Modulor* y ejemplificables con el edificio de la ONU en Nueva York, nos permitirán descubrir una intrigante búsqueda de medidas constructivas ligadas a la figura humana para poder producir en serie elementos arquitectónicos adecuados para todas las personas. Le Corbusier toma la serie roja de medidas en centímetros:

4, 6, 10, 16, 27, 43, 70, 113, 183...

y la serie azul que es su doble:

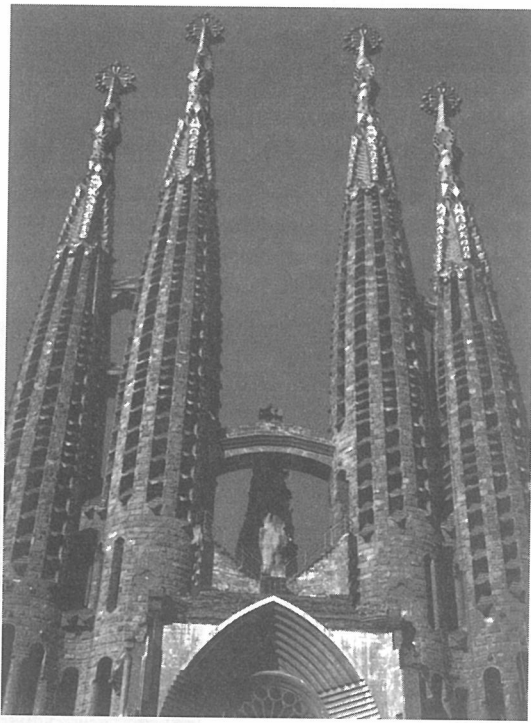
8, 12, 20, 32, 54, 86, 140, 226

siendo ambas sucesiones de Fibonacci y siendo pues las razones entre un término y su anterior aproximaciones al número de oro  $1'618$ . Operar a la *Fibonacci* en construcciones representará que al juntar dos módulos de igual altura y con bases dos términos consecutivos de la sucesión surge otro módulo de la serie.



Vista de la iglesia de Ronchamp  
proyectada por Le Corbusier.

62



*Torres de la Sagrada Familia.*

62

nalidad geométrica total con una creatividad fuera de límites. Gaudí, amante de los modelos geométricos, las maquetas y la experimentación, fue ideando un complejo edificio combinando todas las cuádricas regladas (planos, rectas, paraboloides hiperbólicos, hiperboloides de una hoja, conos, cilindros), esferas, elipsoides y paraboloides elípticos, columnas de secciones poligonales diversas, poliedros derivados del cubo, generación fractal de columnas ramificadas, etc. Gaudí modulara el espacio (módulo de 7,5 m), proporciona los elementos (1:1, 1:3, 2:3, 1:4, 1:2, 3:4) y combina superficies en una síntesis sin precedentes... [véase (Gómez, 1996)] cuidando siempre de la constructibilidad, del cálculo, de los detalles, de la decoración, de la luminosidad, del simbolismo... humildemente Gaudí cita a la naturaleza siempre como su referente pero explora todas las posibilidades tridimensionales de la mano de la geometría. Esto se puede apreciar en todas las obras gaudinianas, siendo espectacular el uso de la catenaria para formar arcos que por primera vez fueron usados por Gaudí.

La Ópera de Sydney, emblemática obra australiana diseñada por el danés Jørn Utzon constituye un ejem-

La modularidad en arquitectura moderna basada en el sistema métrico decimal y las proporciones ligadas a los trazados geométricos es un tema relacionable con la producción industrial de elementos (losetas, bañeras, muebles, electrodomésticos...). Los grandes rascacielos de Nueva York, San Francisco o Chicago y proyectos emblemáticos como la Casa de la Cascada de Frank Lloyd Wright o el Pabellón Mies van der Rohe de Barcelona presentan bajo una aparente simplicidad una interesante modularidad.

### Formas geométricas

La Sagrada Familia de Antoni Gaudí (1852-1926) constituye uno de los proyectos iniciados a finales del siglo XIX, desarrollado durante todo el siglo XX y que no concluirá hasta bien entrado el siglo XXI. Pero es el ejemplo por excelencia de obra que sabe unir una racio-

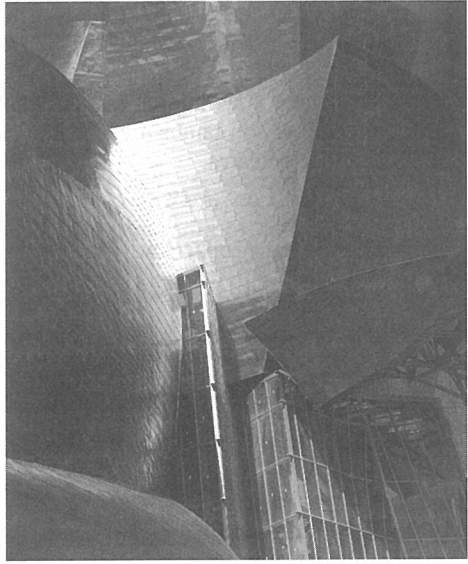


*Gaudí en 1878. Es una de las pocas imágenes que se conservan ya que siempre fue reacio a dejarse fotografiar.*

plo claro de creatividad geométrica atrevida. Según el propio Utzon, la idea de las gigantes cas cúpulas parcialmente esféricas, marcando un atractivo paisaje de velas petrificadas y relucientes bajo el sol de la bahía de Sydney, se le ocurrió cortando trozos de manzana con un cuchillo, generando diversos *tetraedros* con tres caras planas y una cara esférica. Para realizar la obra fueron precisos decenas de replanteamientos, cálculos empíricos complejos e inversiones millonarias dado que nunca se había hecho una estructura esférica tan peculiar en un lugar tan difícil.

El Museo Guggenheim de Frank Gehry en Bilbao también representa otro ejemplo paradigmático de creatividad *gestual* ayuna de un análisis inicial de viabilidad constructiva. Seguramente un uso más racional de superficies geométricas hubiese seguido dando un resultado espectacular pero a un coste técnico y económico muchísimo más bajo.

Las grandes obras de Sir Norman Foster [véase (Jodidio, 1997)] (por ejemplo la Torre de Collserola en Barcelona o la torre de telecomunicación en Santiago de Compostela) y las de Santiago Calatrava [véase (Molinari, 1999)] (con buenos ejemplos en Valencia, Ripoll, Barcelona, Santa Cruz de Tenerife, Bilbao, Alcoy...) nos ofrecen la posibilidad de ver formas geométricas nacidas de una estructura muy cuidada y funcional, tecnológicamente muy avanzadas.



*Detalle del Museo Guggenheim de Bilbao.*

## Simetrías

Aparte de las simetrías tradicionales en decoración podemos reconocer hoy interesantes usos de simetría en distribuciones urbanas (Manhattan en Nueva York, Brasilia, Ensanche de Barcelona...) ligadas también al tema del tráfico; usos de simetría en relación a la estructura como en la *Geode* de París o en los puentes de Calatrava... y usos de simetría ligados a la funcionalidad del diseño (en sillas por ejemplo) o a la búsqueda de belleza (las esculturas de Alfaro o Carvajal por ejemplo).

## Representación gráfica y maquetismo

Las técnicas de expresión gráfica en sus vertientes clásicas de dibujo lineal, artístico o geometría descriptiva se hallan hoy en plena reconversión. El problema en Arquitectura no es el de representar edificios existentes (para lo que la fotografía o el vídeo ya son medios adecuados), sino disponer de un lenguaje gráfico con capacidad para proyectar algo que debe ser construido. Los recursos del CAD y todo el software actual son hoy imprescindibles. Por tanto también encontraremos en estos programas

o las versiones populares de CD-Roms para diseño interactivo, recursos de representación y trabajo con la tridimensionalidad. El carácter *formativo* de la geometría métrica, regla y compás, etc., no está fuera de duda pero a nivel de trazados efectivos es razonable aproximarse a las nuevas tendencias. Sin embargo, las buenas maquetas con escalas adecuadas son también elementos clarificadores. Las de Calatrava acostumbran a ser espectaculares.

### Matemáticas de la organización

La teoría de grafos, la optimización, la investigación operativa, la estadística, etc., también tienen su papel en la planificación para construir, en temas de transporte, en temas de circulación, en problemas de operaciones simultáneas en grandes edificios como aeropuertos, hospitales... así los grafos de las líneas de metro, los mapas con direcciones de tráfico, los datos periodísticos, etc. constituyen un interesante material sobre el cual plantear problemas realistas ligados al uso de la arquitectura

### Matemáticas del confort

La acústica (que tanto ha preocupado a Rafael Moneo en sus auditorios), la calefacción, el aire acondicionado, la visibilidad... hay mil problemas técnicos que usan gráficos y fórmulas, y diversas artillerías de cálculo que puedan dar lugar a aplicaciones y ejercicios interdisciplinarios.

### ...y a modo de conclusión

En los viajes de curso o colonias, en salidas escolares, en los concursos de fotografía matemática, a través de libros o diapositivas, o navegando por Internet... encontraremos en la Arquitectura del siglo XX una fuente inagotable de inspiración para enseñar ejemplos matemáticos. La Arquitectura está ahí, observarla es gratis, comprenderla un encanto. ¿Se animan?

### Bibliografía

- Alsina, C.; Fortuny, J. M.; Pérez, R.: *¿Por qué Geometría?*. Síntesis, Madrid, 1997.
- Alsina, C.; Pérez, R.; Ruiz, R.: *Simetría Dinámica*. Síntesis, Madrid, 1990.
- Alsina, C.; Trillas, E.: *Lecciones de Álgebra y Geometría. Curso para estudiantes de Arquitectura*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1990.
- Edmondson, A.C.: "A Fuller Explanation": *The Synergetic Geometry of R. Buckminster Fuller*. Boston, Birkhäuser, 1987.
- Ghyka, M.C.: *Estética de las proporciones en la Naturaleza y en las Artes*. Ed. Poseidón. Barcelona, 1977.
- Gómez, J. et alii: *La Sagrada Familia de Gaudí al CAD*. UPC, Barcelona, 1996.
- Holt, M.: *Mathematics in Art*. Studio Vista, Londres, 1971.
- Jodidio, Pl.: *Sir Norman Foster*. Taschen, Köln, 1997
- Le Corbusier: *Modulor*. Poseidón, Barcelona, 1985.
- Mandelbrot, B.: *The Fractal Geometry of Nature*. W. H. Freeman, Nueva York, 1982.
- Molinari, L.: *Santiago Calatrava*. Skira, Milán, 1999.
- Pedoe, D.: *La Geometría en el Arte*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1982.
- Salvadori, M.: *Why buildings stand up*. WW Norton, Nueva York, 1990.
- Senechal, M.; Fleck, G.: *Shaping Space: A Polyheral Approach*. Design Science Collection, Boston: Birkhäuser, 1988.