

Antonio Gaudí:¹

Retomemos las características de los Arcos analicemos la arquitectura de Gaudí, y su teoría “*arquitectónica estructural espacial*” ligada estrechamente a la naturaleza que se basó en formas geométricas tridimensionales curvas.

Antonio Gaudí definió un sistema arquitectónico revolucionario en su concepción estructural, estética y espacial, en el marco de los movimientos reformistas europeos que en España se lo conoce como el Modernismo Catalán.

Representó un camino especial inspirado en la lógica y la naturaleza, definiendo un nuevo modelo geométrico.

Analizó los principios de los modelos funiculares que se constituyeron en su principal herramienta de diseño debido a la interacción entre la geometría y la mecánica.

Descubrió que la simetrización de la catenaria daba lugar a uno de los arcos más perfectos “*el más racional y mecánico de los arcos*”, el único que adopta perfectamente la línea de presiones, que distribuye los esfuerzos a compresión pura y siempre bajo la dirección y sentido de la resultante de fuerzas, lo que lo llevó a utilizar maquetas funiculares para la comprensión de la lógica estructural

Las formas inversas de los hilos colgantes catenarios, funiculares o parabólicos, que soportan su propio peso o cargas, y que siempre están traccionados, corresponden a las formas comprimidas que, con las mismas longitudes, soportan las mismas cargas.

Para la ejecución de sus obras, realizó maquetas tridimensionales para determinar el arco “*catenario*” o parabólico, que luego fotografiaba, giraba la imagen 180° y obtenía la volumetría del conjunto. El trabajo se completaba con el cálculo de las secciones necesarias para soportar las cargas y con la construcción de maquetas de yeso de las diferentes piezas a escala que entregaba al artesano para que éste las ejecutara en material y escala real.

Establecidas las cargas de gravedad sostenidas del hilo, obtenía una figura plana que representaba los ejes de una estructura que funciona en tracción pura. Si la figura se invierte funciona en compresión pura.

El modelo de hilos le permitió visualizar fácilmente la interacción entre la geometría y la mecánica y por prueba error corregir la forma según las necesidades funcionales, estéticas y expresivas, pero siempre en el marco de las leyes de la mecánica.

Las estructuras planas se vinculan entre sí componiendo estructuras espaciales y por ello la comprensión del funcionamiento sólo es posible en las tres dimensiones.

Gaudí emplea generalmente materiales pétreos sin resistencia a la tracción. Por ello es indispensable conocer la forma global de la estructura para que se encuentre totalmente comprimida, coincidiendo con **la línea de presiones**, lo que permite garantizar la estabilidad. La tensión de contacto entre los componentes no alcanza valores significativos y sólo se debe prestar atención a la estabilidad global.

Esta característica se logra adaptando la forma y proporción estructural de la construcción al perfil simétrico del funicular espacial de equilibrio de los hilos suspendidos, permitiendo pasar de la maqueta tensada a la obra de piedra comprimida.

1. El siguiente capítulo está basado en la monografía: Gaudí: Mecánica y forma de la naturaleza. Autores: Ing. Eduardo Daniel Quiroga y Arq. Eduardo Alberto Salomón de la Universidad de Mendoza – Argentina, adaptado por la Cátedra de Estabilidad de las Construcciones 1.

Según se vaya modificando la relación entre la luz y la flecha, irán incrementándose los empujes que tienden a separar los apoyos. Este empuje debe ser resistido y transmitido por otro elemento estructural, por ejemplo una columna, que recibe una carga horizontal en su capitel perpendicular al eje.

Por ello decide modificar la forma de los apoyos disponiendo su eje coincidente con la recta de acción de la resultante. De este modo surgen las columnas con inclinación respecto de la horizontal, poniendo de manifiesto su apego por las estructuras sin empuje.

En las galerías del parque Güell se puede inferir a partir del eje del arco cual debe ser la inclinación del eje de la columna que coincide con la recta de acción de la reacción del arco, garantizando que trabaje en **compresión simple**.

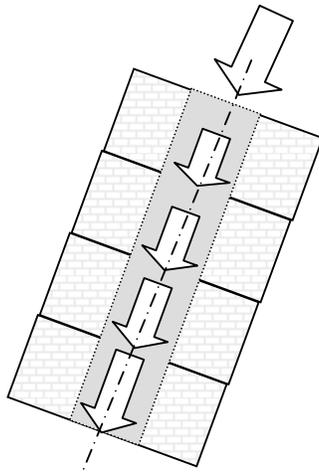
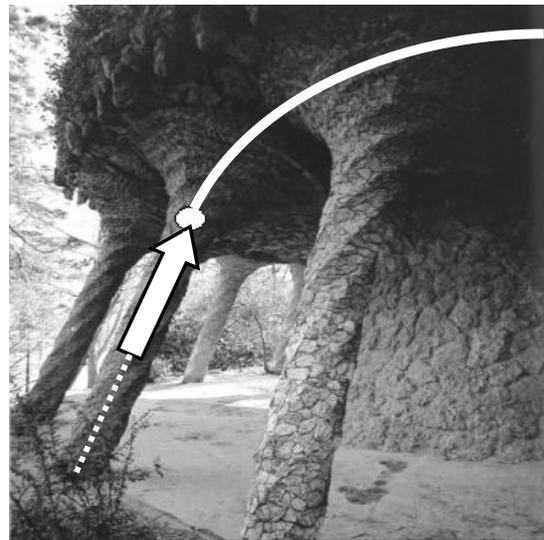
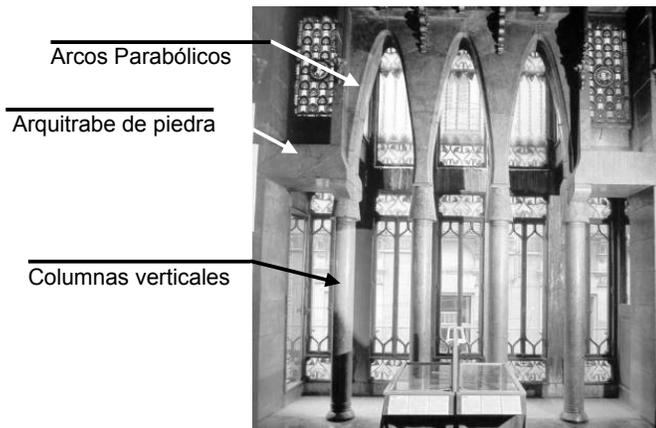


Gráfico de fuerza



Galería Parque Güell - esquema estático

En algunas ocasiones debe resolver proyectos en los que necesita que las columnas sean verticales como apoyos de arcos. Es el caso de un sector del palacio Güell. La condición de diseño que establece es reforzar el espacio central con cuatro columnas verticales.

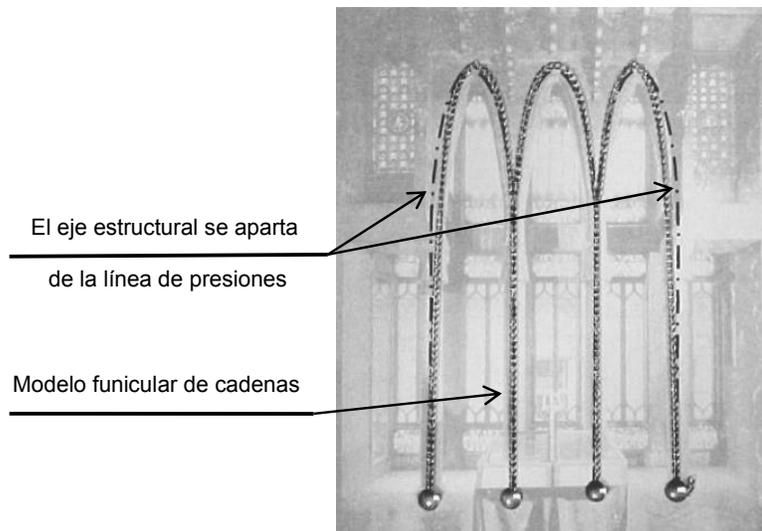


Palacio Güell Pórtico de arcos parabólicos y apoyos verticales

Cuando debe disponer columnas verticales, incorpora los elementos estructurales que le permitan modificar el polígono funicular hasta lograr que los ejes de las columnas sean verticales.

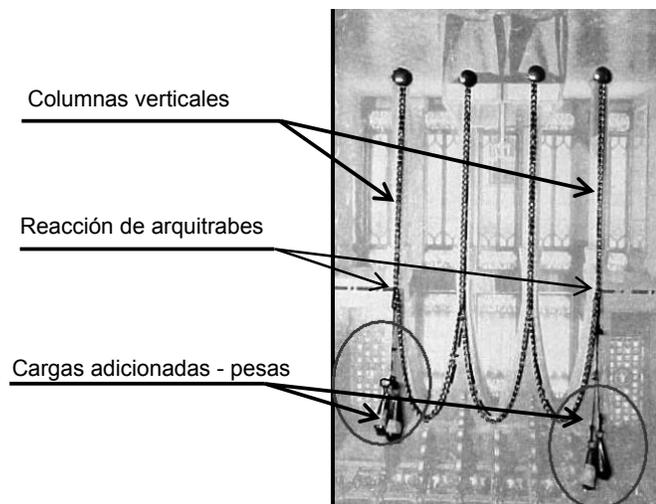
En las columnas centrales la misma simetría proporciona la solución porque las componentes horizontales de las reacciones (empujes) de cada arco se equilibran y la resultante es vertical, coincidiendo con el eje vertical de cada columna.

Pero en las columnas exteriores, la forma funicular se aparta de los ejes estructurales (indicados con líneas de trazo y punto) generando esfuerzos de flexión que, como se vio, no pueden resolverse con materiales pétreos. En esta figura se ha elaborado el modelo funicular con cadenas y se ha invertido para compararlo con la obra real.



Modelo funicular invertido

La solución surge del mismo modelo de cadenas al obligarlo a desplazarse mediante la adición de fuerzas. Disponiendo cargas cerca de los arranques de los arcos, se modifica el funicular hasta dejarlo vertical haciendo coincidir, el modelo funicular modificado por la distribución de cargas, con los ejes de las cuatro columnas, quedando perfectamente verticales y eliminado los empujes de los arcos. Esta carga extra se obtiene colocando piezas de piedra a modo de vigas (arquitrajes) cuya reacción, sobre cada columna, produce la modificación buscada que en el modelo funicular están representadas por pequeñas pesas. El uso de cadenas en lugar de hilos, permite mostrar más fielmente el peso propio de los componentes de piedra.



Modelo funicular modificado

Para Gaudí, la mecánica y la forma, son los elementos paradigmáticos de toda su arquitectura, por medio de la observación y de la prueba, creó un nuevo sistema arquitectónico estructural que trasciende a sus contemporáneos y lo sitúa en un lugar único. Su arquitectura innovadora nos invita al estudio de su método, de su sistema constructivo, de su modo de leer la naturaleza, de modo similar como lo hicieron y lo hacen en esta concepción orgánico vital de las obras como Dieste, Torroja, Nervi y Calatrava, entre otros.