

# EL MODELO

## El modelo colgante de Gaudí y su reconstrucción. Nuevos conocimientos para el diseño de la Iglesia de la Colonia Güell.

(The hanging model of Gaudí and its reconstruction. New information for the design of the Church of the Güell Colony).

Jos Tomlow - Institut für leichte Flächentragwerke (CL) - STUTTGART

466-4

Fecha de recepción 27-II-89

### RESUMEN

Llega a nosotros, por gentileza de su autor, **Jos Tomlow**, esta publicación del Instituto de Estructuras Ligeras (IL) de la Universidad de Stuttgart, en la que se expone el proceso de reproducción, llevado a cabo en dicho Instituto, del modelo de **Gaudí** para la iglesia de la Colonia Güell. La originalidad y calidad de dicha publicación, inédita en nuestro país, nos ha animado a efectuar un amplio trabajo de análisis y comentario de la misma (\*).

El contenido del presente comentario se divide en tres partes:

- Presentación de la publicación.
- Gaudí y su proyecto.
- Antecedentes y posteriores influencias del modelo en la obra de Gaudí.

La presentación, a modo de prefacio, corre a cargo del **Prof. José Miguel de Prada Poole**.

Tanto las conclusiones del trabajo como sus antecedentes se reproducen literalmente, dado su interés, del texto original de **Jos Tomlow**.

### SUMMARY

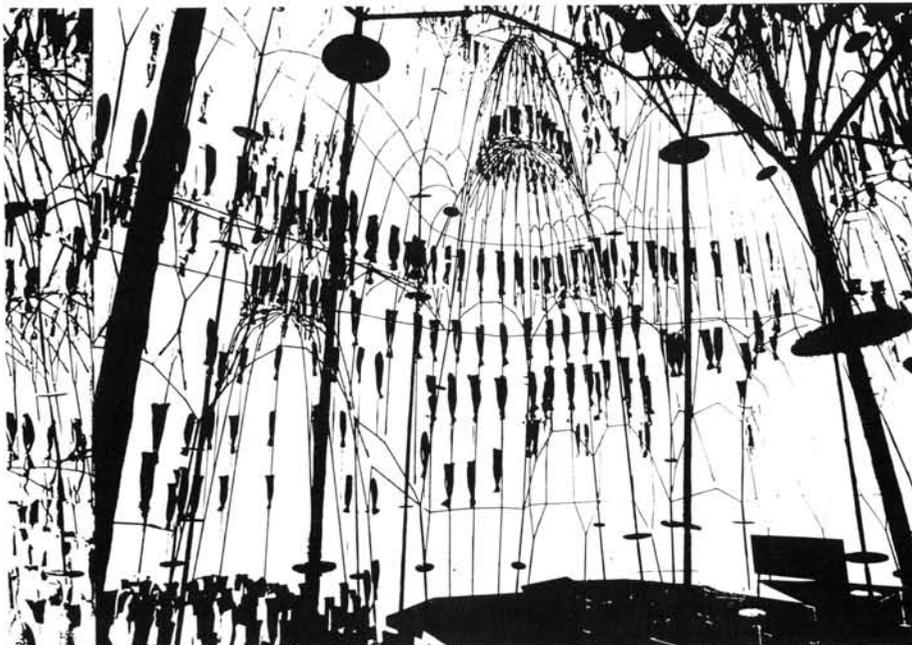
By kindness of the author, **Jos Tomlow**, we have received this publication from the Light Structures Institute, Stuttgart University. The publication describes the reproduction process —as carried out at the Institute— of Gaudí's model for the Church of the Güell Colony. Due to the originality and quality of this publication, previously unpublished in this country, we have been encouraged to make a comprehensive analysis and commentary on the work (\*).

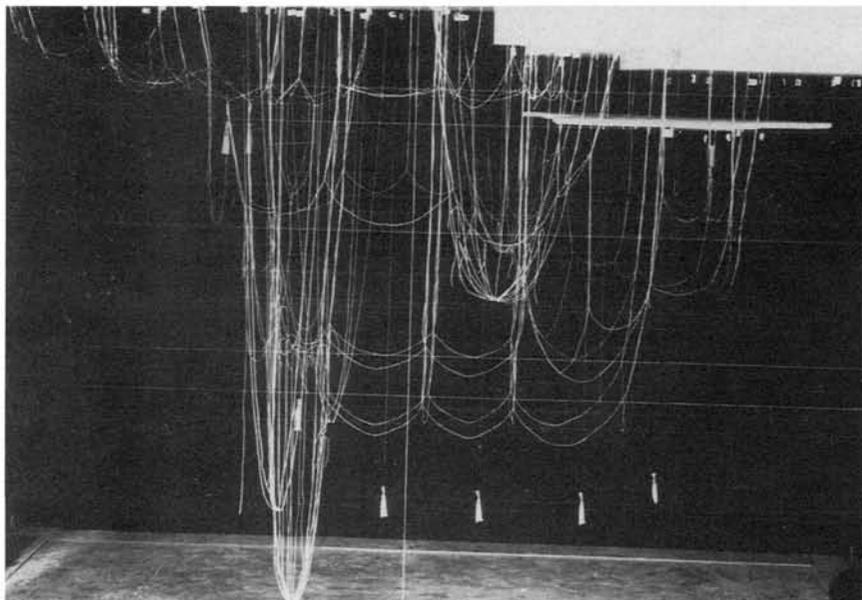
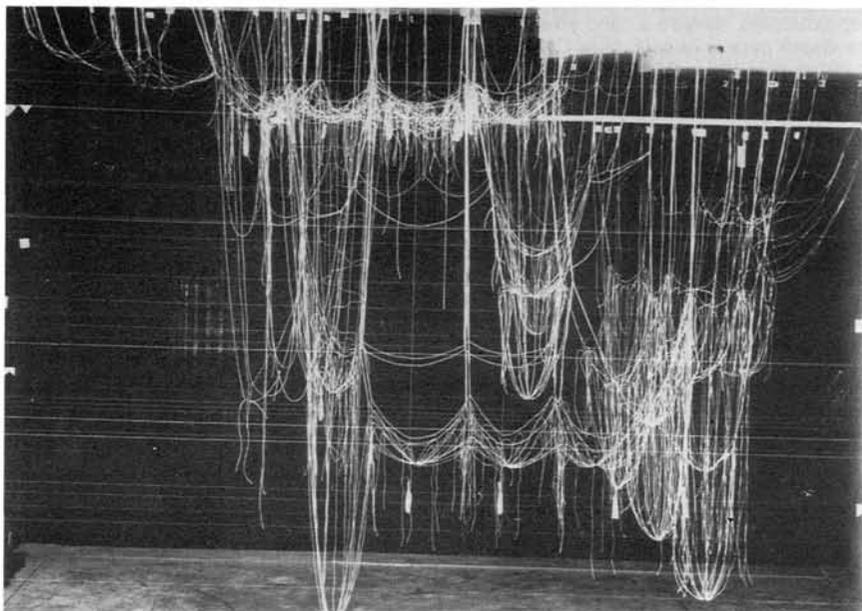
The contents of this commentary can be divided into three parts:

- Presentation of the publication.
- The Gaudí's project.
- Antecedents and subsequent influence of the model on the work of Gaudí.

The presentation in the form of a preface is written by Prof. **Jose Miguel de Prada Poole**.

Due to its relevance, both the conclusions of the work and its antecedents are literally reproduced from the original text by **Jos Tomlow**.



*Vista lateral.**Vista inferior.*

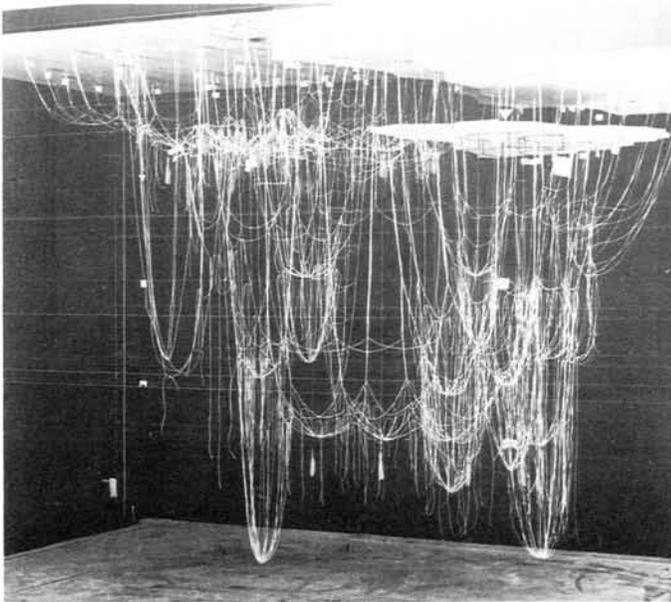
## PRESENTACION

El IL, Instituto de Estructuras Ligeras de Stuttgart, se ha dedicado desde su fundación a abarcar un amplio espectro de tentativas, ensayos, investigaciones y publicaciones sobre todo lo relativo a este tipo de estructuras, prestando especial énfasis a aquéllas realizadas con materiales que no son capaces de resistir esfuerzos de compresión, como pueden ser las que están compuestas por redes de cables o tejidos de fibras artificiales. Para ello han dado, en general, prioridad al desarrollo de su diseño apoyándose en el uso de modelos físicos.

No es de extrañar, por lo tanto, que cuando el organizador de exposiciones Harald Szeemann se dirigiera al IL con la intención de que reconstruyeran el modelo

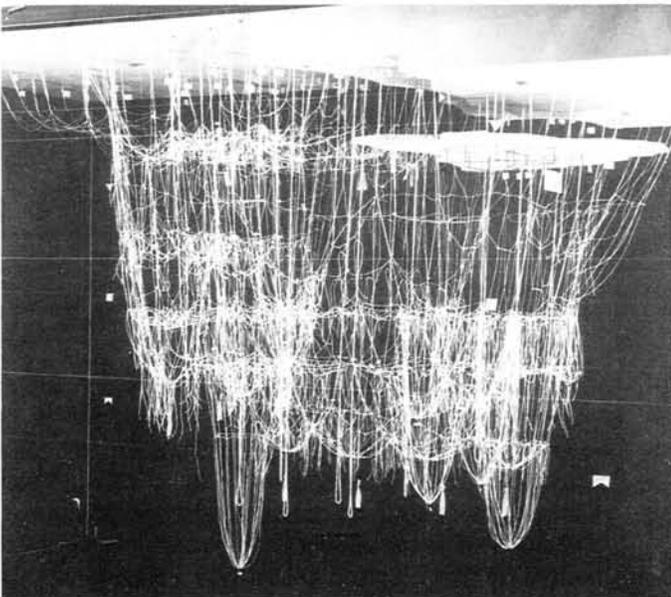
colgante de Gaudí para la iglesia de la Colonia Güell se sintieran inmediatamente interesados —aunque no precisamente por los mismos motivos que aquél—, ya que las intenciones del Instituto iban dirigidas más a indagar en los procesos de diseño que a la mera reconstrucción de un modelo perdido.

El libro es la historia pormenorizada de esta reconstrucción, relatada por Jos Tomlow, uno de los integrantes del grupo Gaudí de Delft, grupo que llevó el peso directo del trabajo bajo la supervisión del IL. En él se nos describen minuciosamente todos los detalles de esta operación magníficamente arropados con profusión de datos, acontecimientos, diagramas, fotografías, soluciones constructivas y relevante información técnica sobre el modelo.



### El modelo de la reconstrucción en cuatro fases de su creación (sin pesos)

*Vista oblicua tomada desde atrás.*



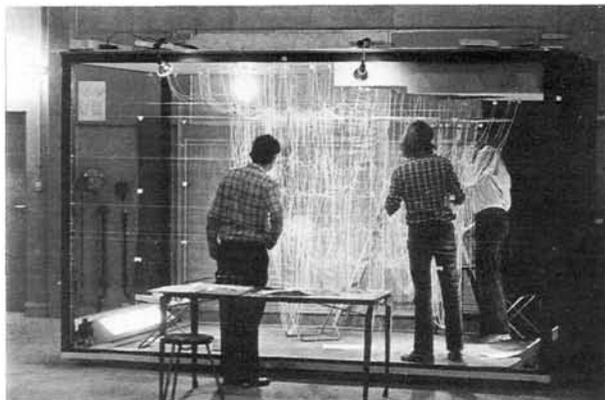
*Vista oblicua tomada desde atrás.*

En esta publicación el relato apasionante y apasionado de una reconstrucción arqueológica, en la que, para fortuna de los participantes, existe multitud de documentación en la que apoyarse para contrastar la fiabilidad o falsedad de los resultados obtenidos. Así, los autores del modelo utilizan toda la información anterior disponible: bocetos y dibujos del propio Gaudí, fotografías de la maqueta original y todas cuantas investigaciones anteriores sobre el tema estaban asequibles, como las de I. Puig y Boada y las de Yasuo Matsukura y algunas declaraciones del propio Gaudí recogidas por Joan Bergós y César Martinell entre 1914 y 1926, sin contar con las que el propio grupo de Delft y el IL tenían efectuadas hasta la fecha. El trabajo desarrollado es, en este aspecto, espléndido y muy completo. Cabe afirmar con muy poco margen de error que es probable que, a partir de este exhaustivo trabajo, poco se

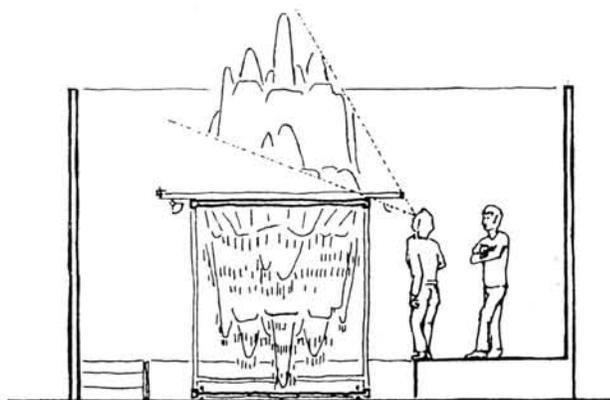
pueda aportar de nuevo sobre el tema del modelo de Gaudí para la iglesia de la Colonia Güell.

En este sentido de investigación arqueológica mencionada, la publicación es impecable, habiendo sido deseable, en todo caso, una mayor calidad en la impresión, tanto de dibujos como de fotografías, que los interesados sin duda agradecerían de todo corazón.

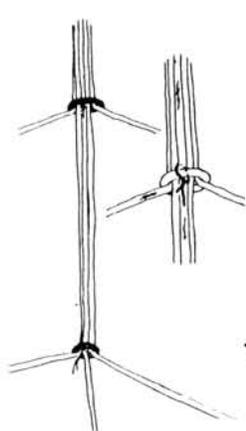
Sin embargo, existe un hecho importante que no podemos dejar pasar por alto, dada la declaración de intenciones preliminar. ¿Qué es lo que aporta esta investigación al conocimiento del proceso de diseño cuando en él intervienen modelos? En el libro no se analizan las diferentes alternativas posibles al mismo, ni qué hubiera pasado si Gaudí en vez de utilizar un modelo



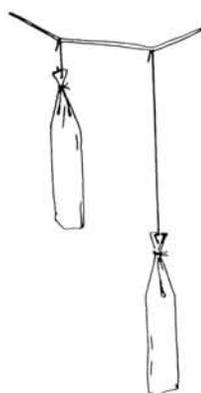
Preparación del modelo descargado.



El modelo en la exposición.



1



2



3

1.—Anillo para las ramificaciones de hilos. 2.—Suspensión de los saquitos de lastre. 3.—Suspensión de los ganchos en el hilo de lino.

colgante hubiera empleado uno de alambre, haciéndolo trabajar a compresión, o uno de escayola o de cualquier otro material y en qué medida habría influido todo ello en la obtención de una forma final diferente. No sabemos tampoco si Gaudí tuvo en mente una forma preconcebida a la que trató de acercarse mediante el modelo, o si bien utilizó éste —como se dice ahora— como un “form finding” para luego retocar el producto final.

Por otro lado, el largo y costoso proceso material realizado para dar vida al modelo físico también nos suscita el interrogante de hasta qué punto hoy día son aconsejables determinados tipos de planteamientos. No cabe duda de que el modelo físico se hace indispensable para llegar al conocimiento, en muchos casos “casi” directo de lo que sucede en una realidad desconocida que uno comienza a explorar, pero ello mismo nos da idea de las limitaciones tanto teóricas como materiales que la propia realidad nos impone. El mismo Frei Otto, en el prefacio, nos lo advierte de una manera indirecta: ...“Gaudí trabajó durante 10 años en su modelo. Nosotros deberíamos conseguirlo ahora en idéntico número de meses... el IL no podía estar durante medio año paralizado...” Es decir, hoy es impensable dedicar tal cantidad de tiempo y esfuerzo humano a resolver un único problema, pero ello se haría necesario

si quisiéramos acometer todos los niveles del problema con idéntica metodología. ¿Qué hubiera pasado si no se hubiese necesitado la reconstrucción arqueológica física y se hubiesen empleado los sofisticados métodos de diseño asistido por ordenador? Probablemente habría sido posible llegar a una formal visualización final en la décima parte del tiempo utilizado para la construcción del modelo real.

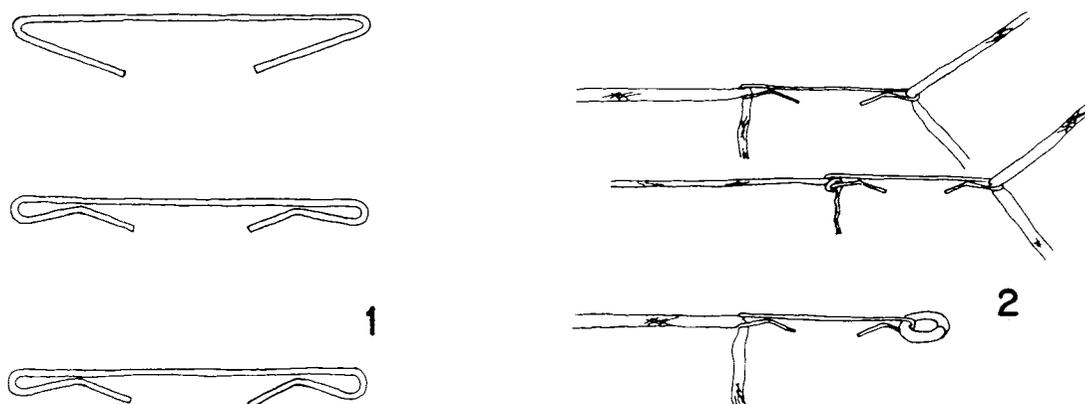
Nuestro resumen sería, por lo tanto: Excelente trabajo en el terreno histórico y poca profundización en el campo teórico, en el que un análisis comparativo y el empleo de modernos métodos de apoyo habrían sido instrumentos reveladores.

Prof. José Miguel de Prada Poole

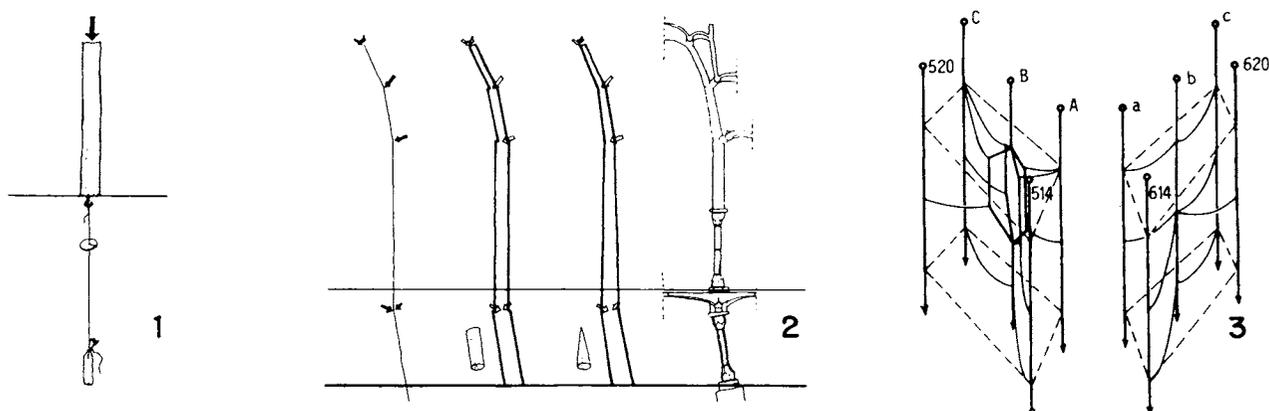
## GAUDÍ Y SU PROYECTO

¿Cuán revolucionario es el proyecto de Gaudí?

¿En qué medida es revolucionario el proyecto de Gaudí para la iglesia de la Colonia Güell?, ¿representa él una renovación esencial en la arquitectura? Quisiera responder a tales preguntas en tres niveles.



1.—Ensayos previos para el detalle de unión. 2.—Desde arriba: ganchitos, ganchos de pinza, ganchos de pinza con abertura mayor para los anillos de ramificación.



1.—Apoyo en el modelo colgante (abajo). 2.—De la línea de presiones al apoyo ramificado. 3.—Recorrido de los hilos de los apoyos B y b.

### a) La estática

El modelo colgante de Gaudí es un paso esencial que va más allá de lo logrado por sus antecesores respecto de los experimentos con modelos. De acuerdo con los conocimientos de aquel tiempo, Gaudí construyó por primera vez un modelo colgante tridimensional para el diseño de un edificio.

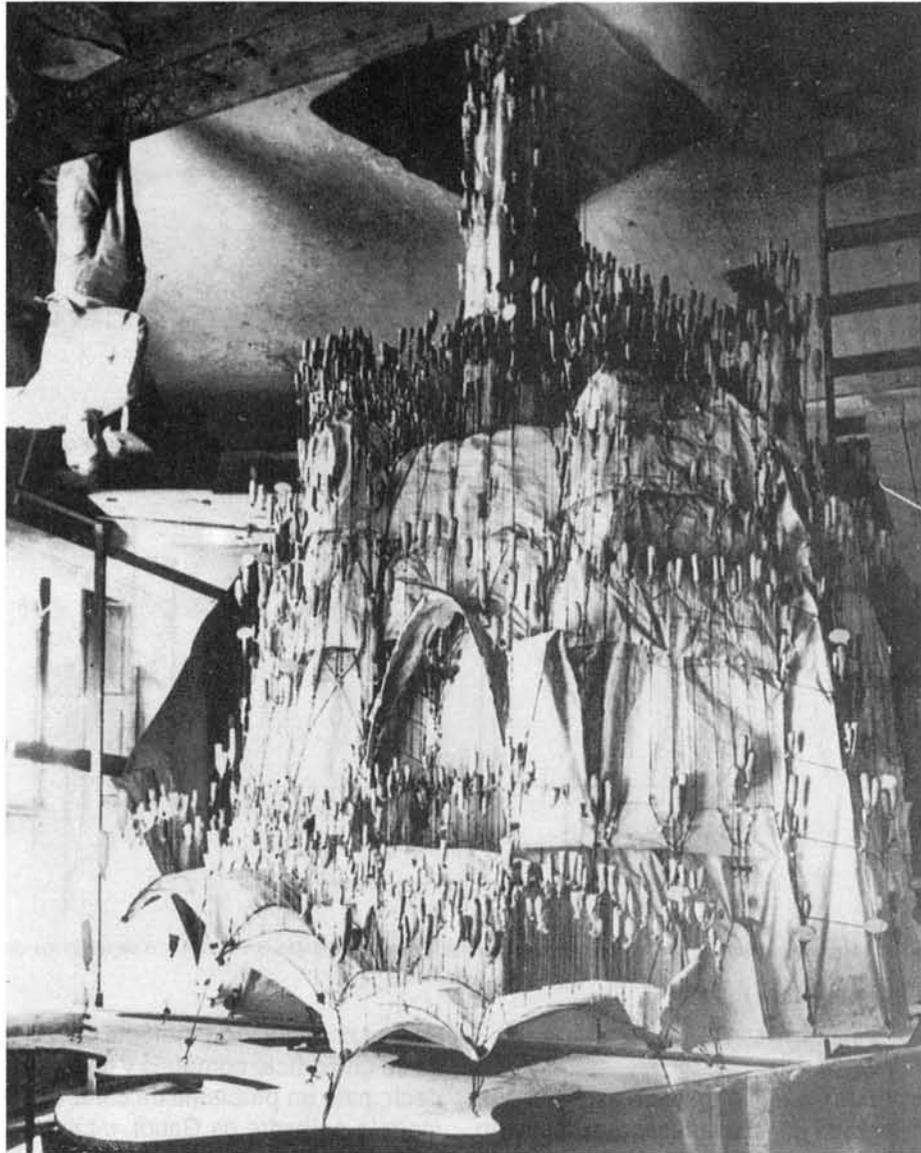
La estática era una ciencia madura en tiempo de Gaudí. La estática gráfica era rutinariamente utilizada por los ingenieros. Gaudí también alcanzó con tal método los datos de la estática de sus proyectos posteriores, con la única excepción del proyecto para la iglesia de la Colonia Güell.

En el plano, la estática gráfica y el modelo colgante facilitan el mismo resultado. Con ello la estática gráfica tiene, respecto a los modelos colgantes, un campo de aplicación más extenso, porque además de construcciones solicitadas a compresión, pueden ser también comprendidas las solicitadas a tracción y a flexión. (En principio, en un modelo colgante serían representables por cierto también las fuerzas a tracción en una construcción con elementos sujetos a compresión).

Para el complicado problema de determinar la estática de un edificio complejo y de optimizar su forma, es decir, para un problema de carácter tridimensional, el modelo colgante de Gaudí estaba por encima de las capacidades de la estática de aquel tiempo.

Gaudí no logró desarrollar su técnica de modelos hasta el punto en que el comportamiento estructural, en superficies, fuera representable más allá de una simplificación. En sus modelos, las paredes y las superficies de bóvedas son reproducidas como una adición de rectas y arcos. Con ello se puede representar, por ejemplo en cúpulas, sólo la transmisión radial de las cargas, pero no las fuerzas de compresión anulares. En la solución de tal problema se trabaja aún hoy. Para ello desarrolló Frei Otto modelos de redes colgantes y Heinz Isler modelos con membranas de goma. Pero con los hilos horizontales (no cargados con saquitos de lastre) adicionales, que estaban atados a los hilos verticales de las paredes, Gaudí realizó un importante primer paso en el descargar no sólo fuerzas en la vertical, sino también contemplar la transmisión horizontal de compresión.

La extensa ocupación de Gaudí con superficies regladas y de revolución, así como los ensayos de cargas



*Vista de la fachada de ingreso del modelo original de Gaudí.*

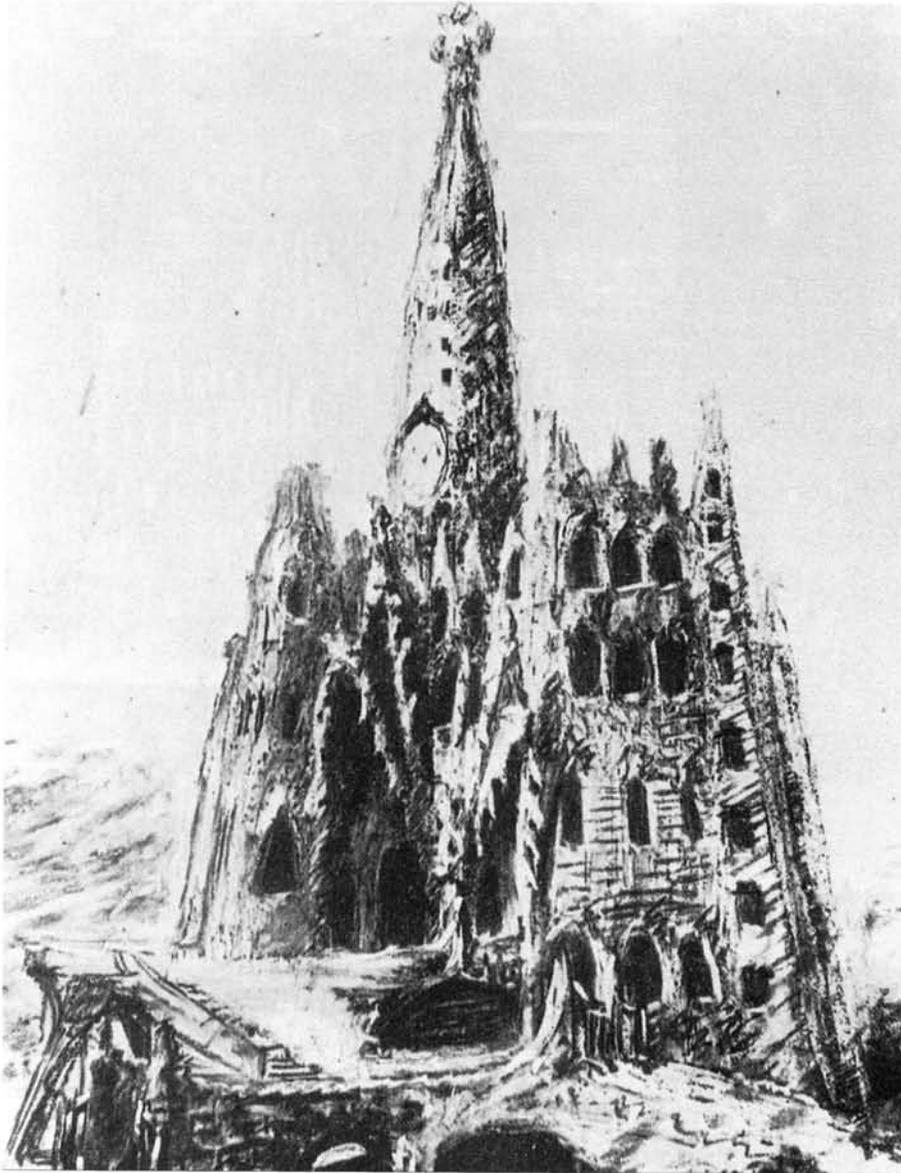
realizados por él con rocas y hierro, muestran que su curiosidad científica respecto a la estática comprendía importantes campos secundarios.

#### **b) La técnica constructiva de modelos**

Especialmente impresionante, en el modelo colgante de Gaudí, es la madura técnica constructiva del mismo nuevamente desarrollada desde sus bases. Desde el actual punto de vista se muestra esto como evidente, cuando la respectiva técnica de construcción de modelos se encuentra en un estado maduro. El largo espacio de tiempo que se necesitó para el proyecto de esta iglesia es por lo demás injustificable con el modelo utilizado, por muy complicado y laborioso que él haya sido.

Un modelo colgante de este tipo no es arbitrariamente manipulable. Cada modelado debe ser compatible con las leyes de creación de la forma colgante. En su resultado final, el diseño ofrece una impresionante armonía en las proporciones de sus dimensiones y pesos. Esta armonía es seguramente la que también distingue la belleza del modelo colgante y eleva al mismo por encima de la categoría de un simple objeto técnico, de un método empírico de "Try-and-Error".

Debido a la forma extremadamente complicada, Gaudí renunció al confeccionado de los usuales planos del proyecto. El proyecto fue ilustrado con fotos del modelo. Así como el método de construcción del modelo, también impresiona este nuevo uso de la fotografía, el cual servía a la documentación de las fases indi-



*Vista de la fachada de ingreso pintada por Gaudí.*

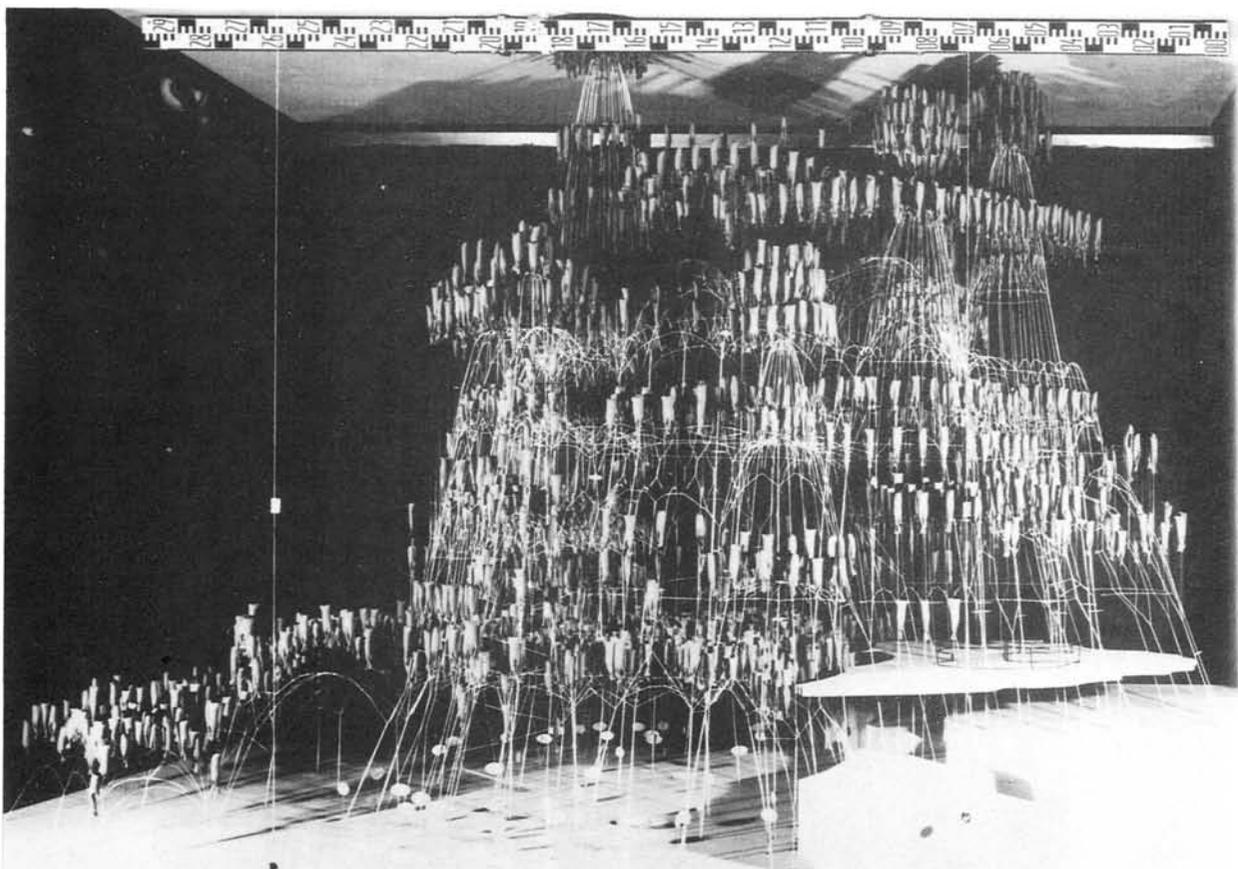
viduales del diseño, a la representación del proyecto arquitectónico y también a través de los repintados de las fotos del modelo y, finalmente, a la inspección del procedimiento de la construcción del piso bajo de la iglesia.

### c) La construcción

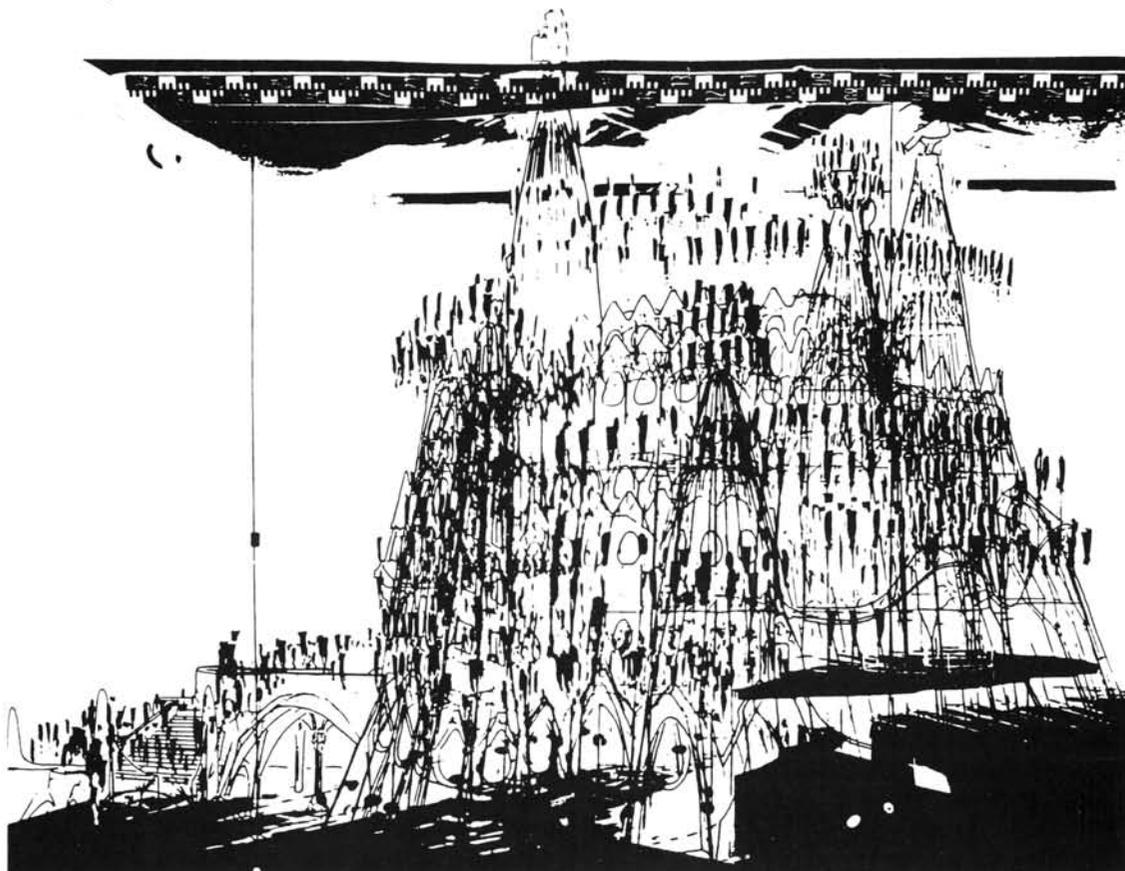
Gaudí se impuso como meta la continuación y perfeccionamiento del gótico. En sus pétreas construcciones abovedadas, contrafuertes y arbotantes, que él descalificaba tildándolos de "muletas", debían ser innecesarios. El empuje de las bóvedas fue directamente transmitido a los apoyos ramificados y a los respectivos apoyos y paredes colocados inclinadamente, siguiendo la dirección de la compresión. Por lo demás,

una crítica en principio igual respecto a las formas de las construcciones góticas la habían expresado otros con anterioridad, como Wilhelm Tappe, Julien Guadet y Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc.

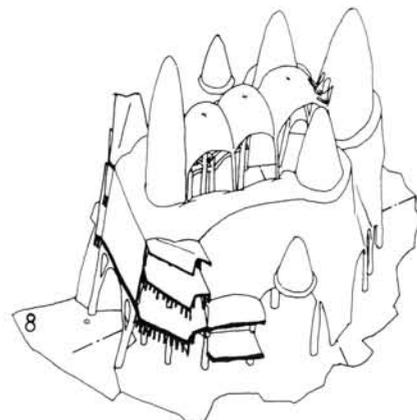
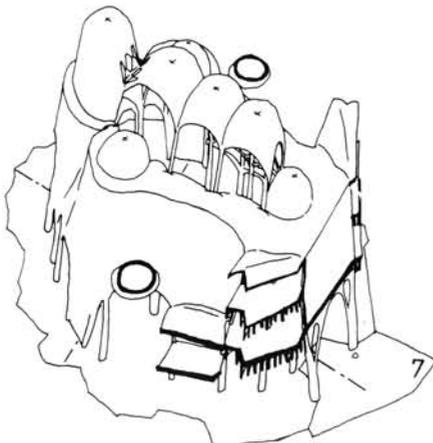
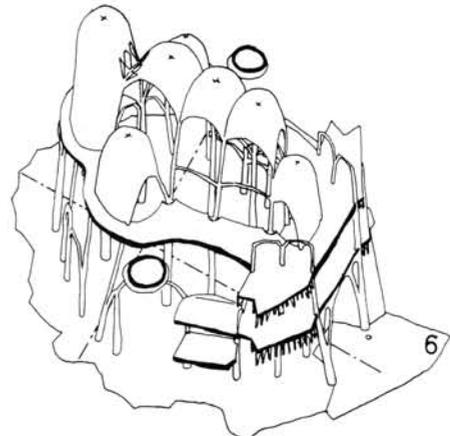
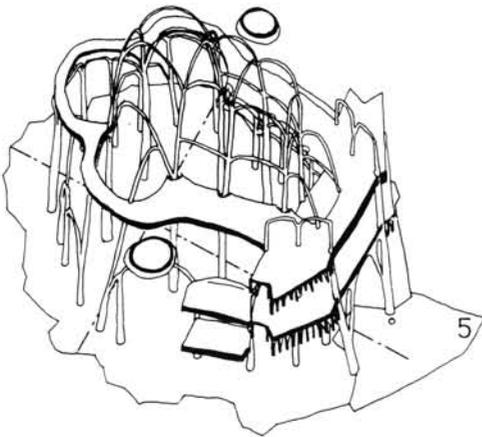
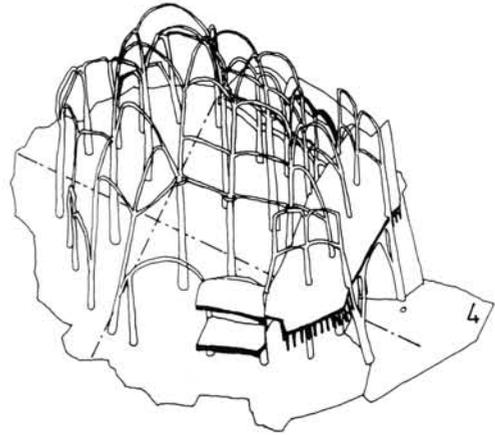
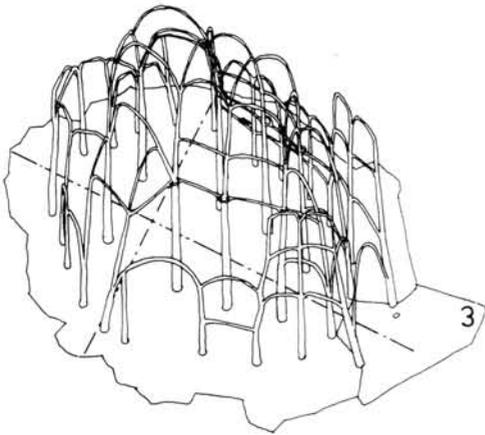
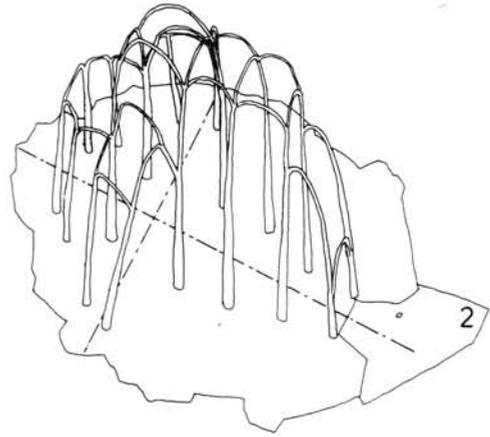
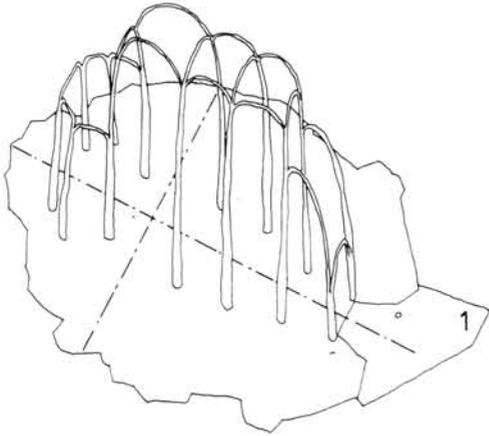
La consecuencia de tales reflexiones fue extraída por primera vez por Gaudí mediante la utilización de modelos colgantes en el diseño. La adhesión de Gaudí a las tradicionales técnicas de construcción de muros, por un lado, y su uso de nuevos métodos en el encuentro de la forma, por otro, han sido diversamente criticadas. Si en tal sentido se le quiere ver como parcialmente reaccionario, o como perfeccionador tardío, ello debería quedar a juicio individual. En todo caso, es indiscutible la consecuencia con la que él persiguió su meta de "un nuevo gótico mediterráneo".

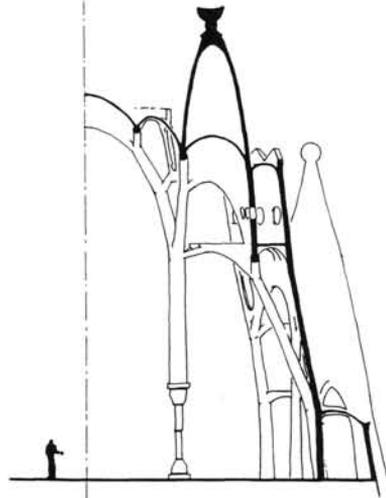
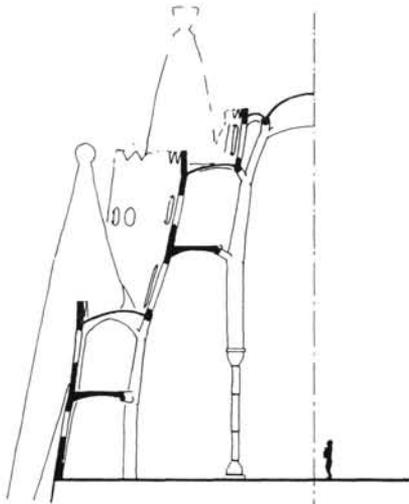


*Vista fotogramétrica del modelo reconstruido, girada 180°.*

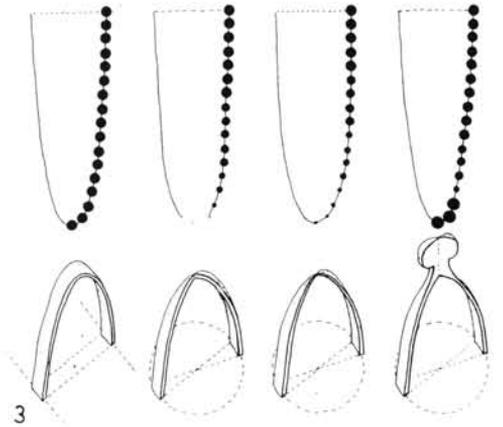
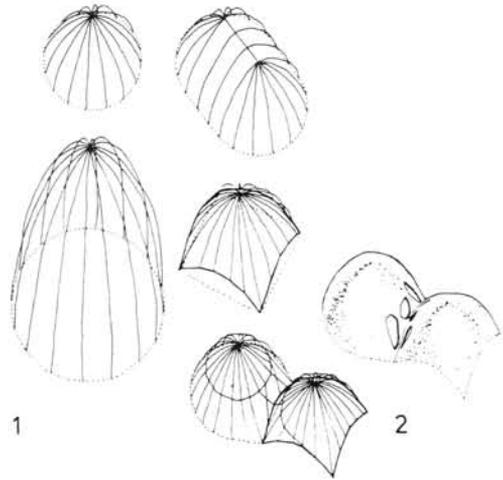


*Inversión en blanco y negro de la foto superior con la forma exterior dibujada. En la página siguiente: Estructura de la iglesia. Acabado progresivo de las fases de construcción.*

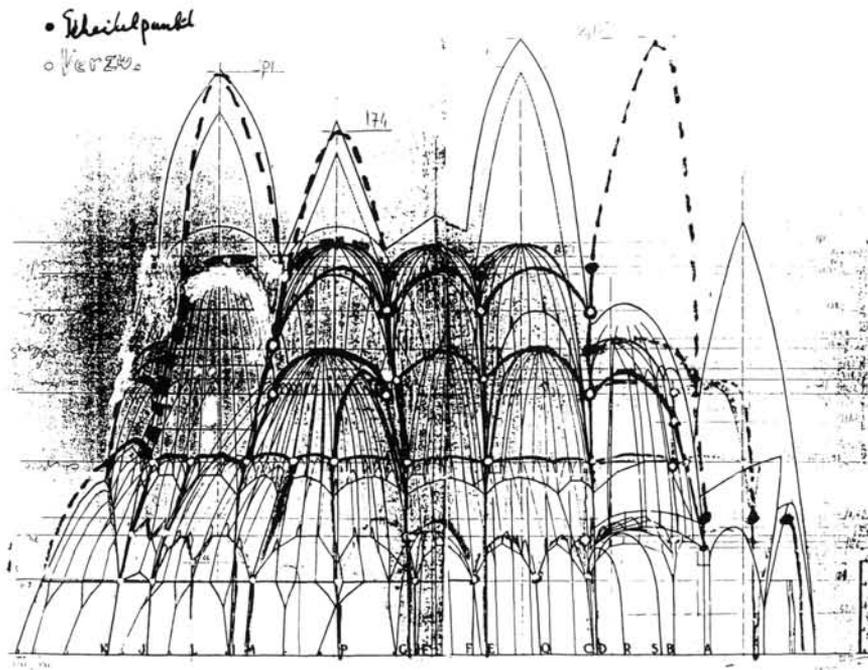




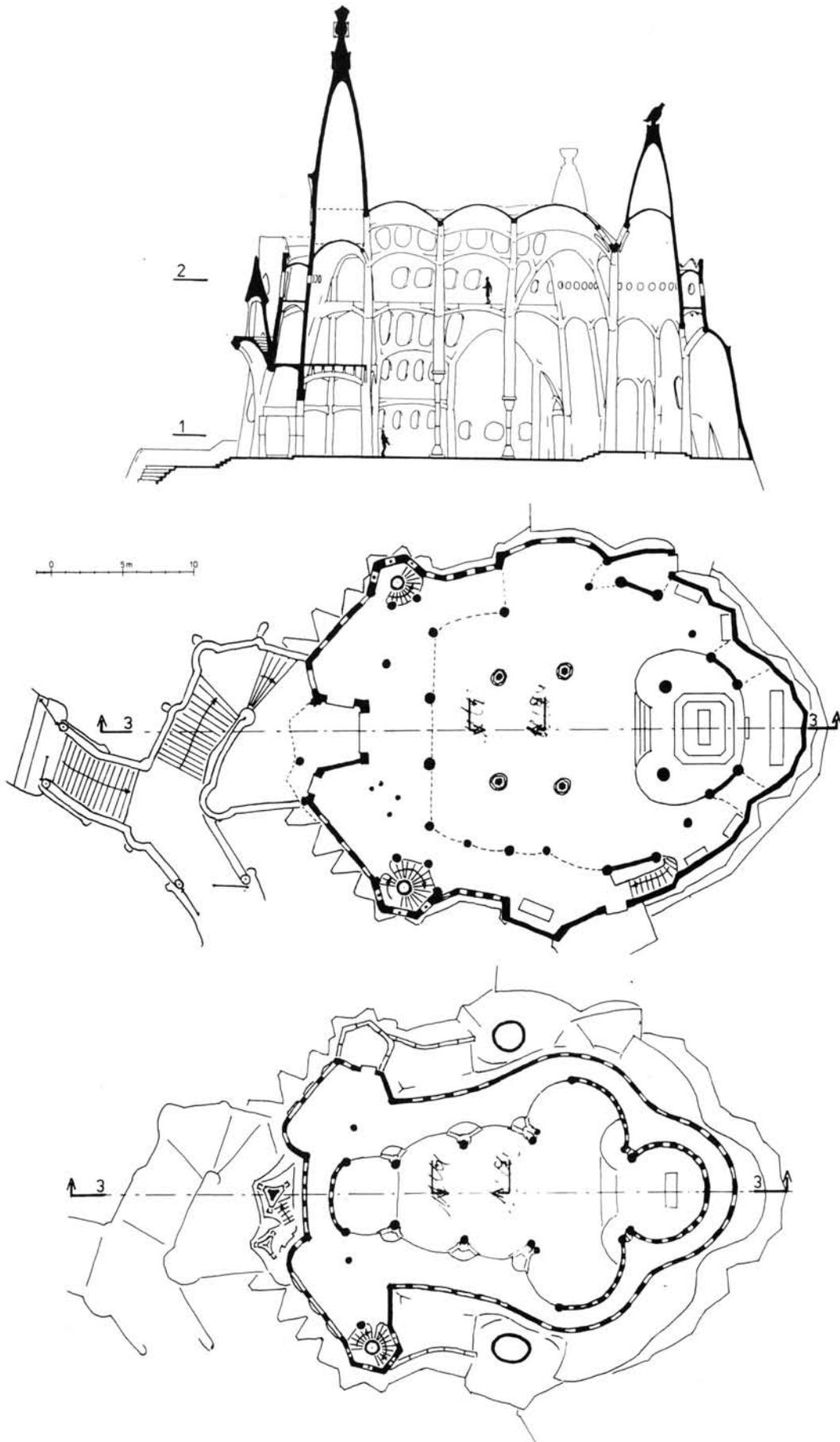
Sección transversal sin la cripta.



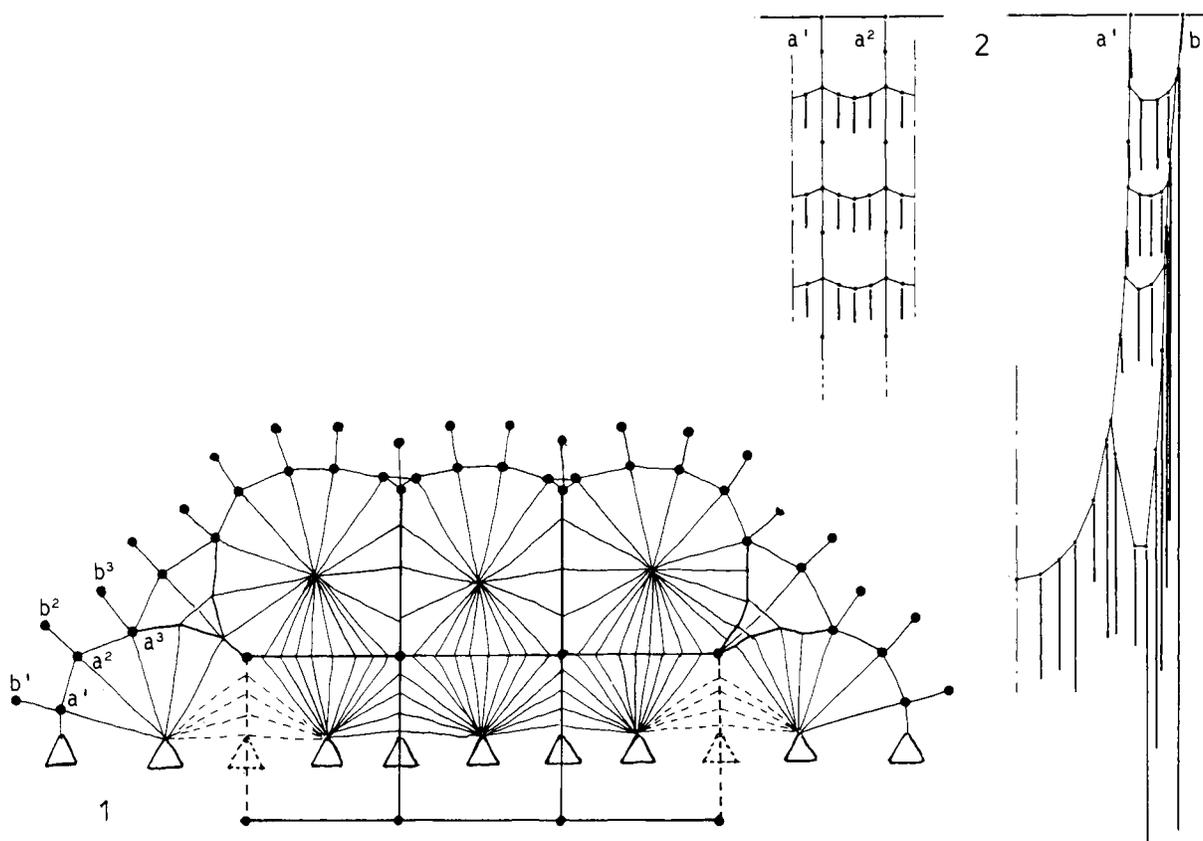
1.—Variantes de cúpulas en el modelo colgante (línea de presiones).  
2.—Grupos de ventanas en la cúpula de la intersección de la nave y cúpula del altar. 3.—Cambios en la forma de las bóvedas bajo diferentes pesos.



Sección hecha por Puig usada como primera base de trabajo con valores de alturas.



Sección longitudinal. Planta de coros altos y planta de acceso.



1.—Modelo colgante visto desde arriba. Las partes del modelo no ejecutadas están indicadas en líneas interrumpidas. Los lugares donde la mitad del modelo colgante están sostenidos por hilos verticales han sido indicados con triángulos. 2.—Recorrido de los hilos del modelo anterior.

En lo que respecta a la aplicación de los modelos colgantes, ellos son ante todo adecuados para la optimización de construcciones pétreas, las que apenas pueden absorber fuerzas de tracción. Pero también en construcciones de madera, acero u hormigón pretensado, es decir, materiales solicitados a flexión, puede ser razonable un encuentro de la forma con la ayuda de modelos colgantes.

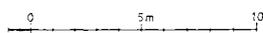
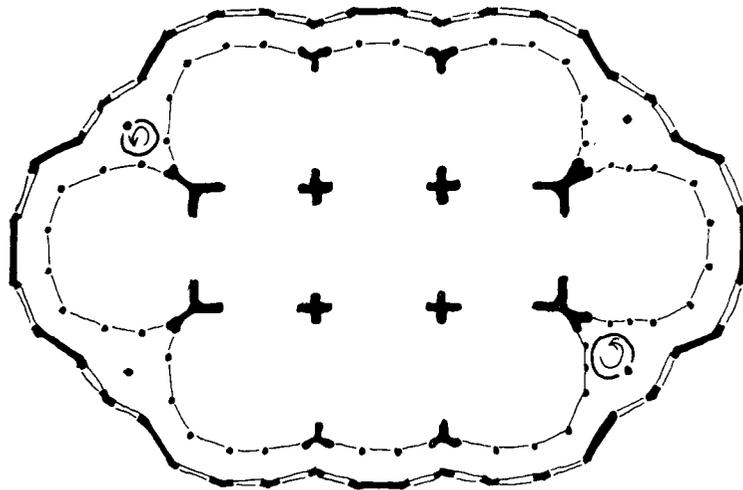
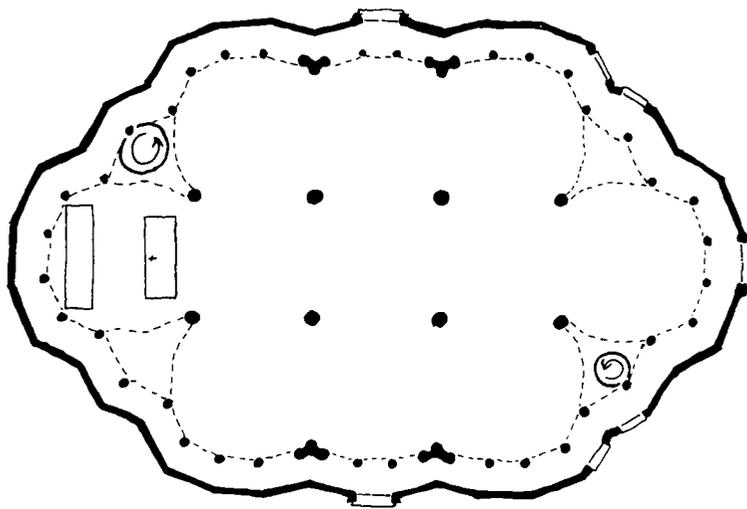
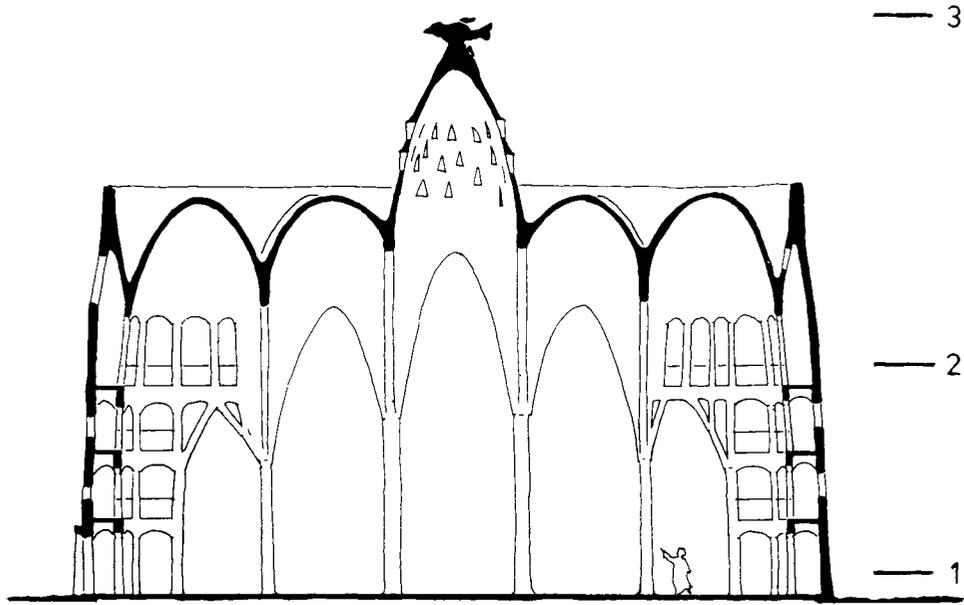
Con la transformación en una substancia construible de los datos abstractos resultantes del modelo colgante, el proceso de diseño pudo ser terminado de forma convincente. Las fotos repintadas del modelo original, que aún se conservan, dejan reconocer que Gaudí subestimó en un principio dicha problemática de la ejecución de la obra. Los tenaces ensayos prácticos en obra, los cuales se realizaron en estrecha colaboración con los albañiles catalanes, tales problemas fueron finalmente superados apartándose de los diseños dibujados. La ejecución llena de tensiones es rastreable en cada lugar para el visitante, lo que otorga al edificio una especial intensidad; una mampostería que con sus múltiples variaciones no sólo demuestra el profundo conocimiento del gremio de los albañiles, sino que al mismo tiempo relata su complicado proceso de creación.

El fundamento que perfeccionó Gaudí para la realización de su arquitectura fue la técnica catalana de construcciones de mampostería. El encuentro oblicuo, uno sobre otro, de los elementos constructivos, da como resultado formaciones de detalles de mampostería totalmente nuevos, los que solamente fueron posible en una muy compleja disposición geométrica y con el aprovechamiento del espacio libre en las juntas.

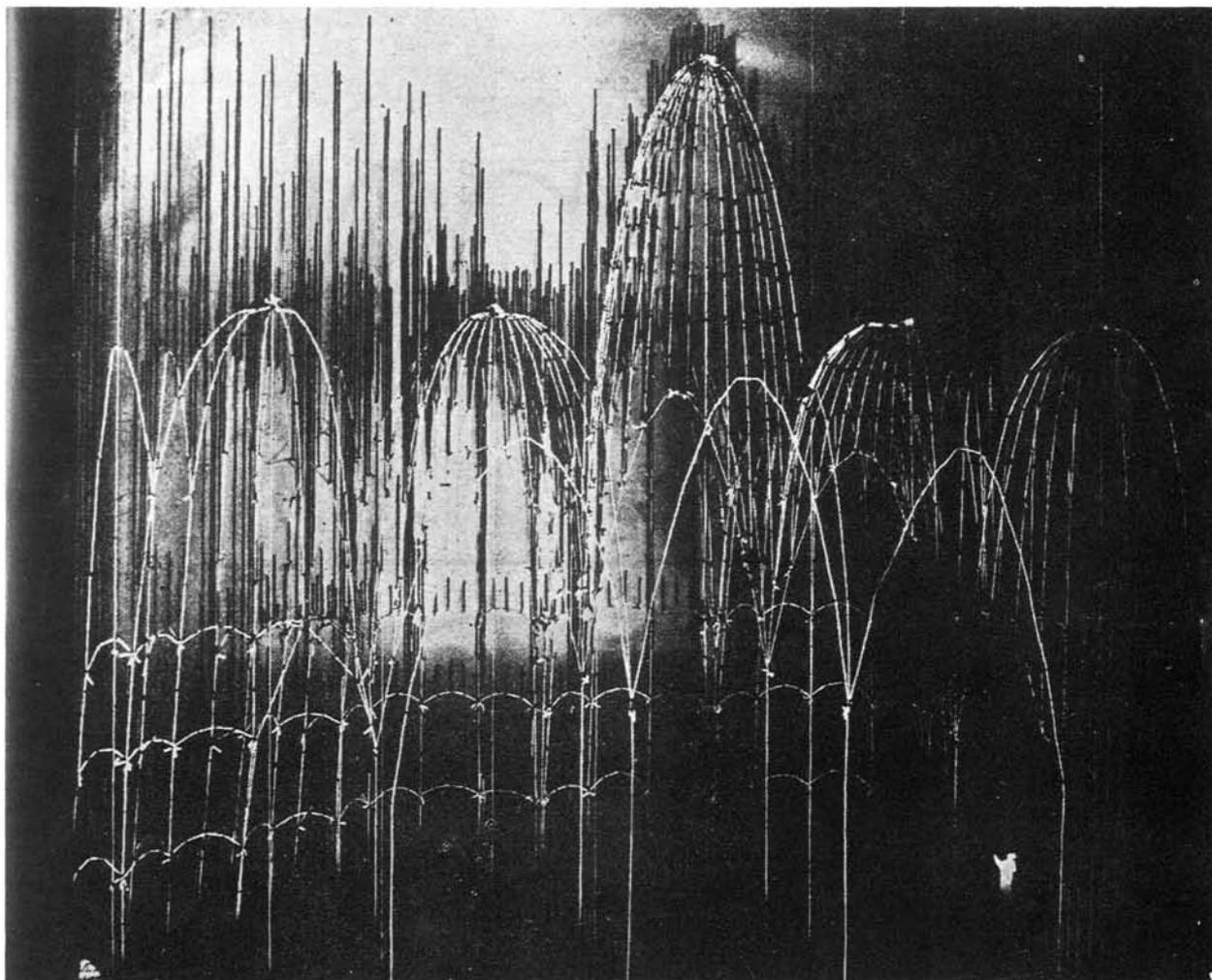
#### INVESTIGACIONES DE UN ANTIGUO MODELO COLGANTE DE GAUDÍ Y SU INTERPRETACIÓN COMO ANTEPROYECTO

Al modelo colgante para el proyecto a ejecutar le precedió uno más pequeño y simple, como se puede ver en la figura.

Pese a su simplicidad, en ese modelo colgante se oculta un proyecto maduro. La técnica de construcción de modelos está notablemente desarrollada. De este modelo previo, el que fuera conservado en la Sagrada Familia, sólo se conserva una fotografía (pág. 70). En lo que sigue y basándose en tal foto, el autor emprenderá el intento de reconstruir en sus rasgos esenciales tal modelo previo y el proyecto de la iglesia que representa.



Sección longitudinal. Planta primera y planta baja.



Modelo colgante de Gaudí para una iglesia (foto histórica).

La silueta humana visible en la foto (lado inferior derecho de la foto), posibilita estimar las dimensiones de la construcción planificada. Una escala de 1:100 podría ser la correspondiente a este modelo previo. Los detalles constructivos del modelo son sumamente sencillos. Los hilos de fibras textiles están amarrados con otros más delgados. En la foto no es reconocible como fueron fijados a la placa de fundamento. Los pesos que simulan el peso propio de cada elemento constructivo y que dan a los hilos su forma poligonal, son cadenitas que cuelgan libremente, anudadas a los hilos con hilos más delgados. Las proporciones de los pesos se dejan deducir de sus longitudes. Las longitudes de los hilos no son ajustables. La forma del modelo anterior debió entonces haber sido determinada previamente, por medio de ensayos y cálculos de los pesos. Este trabajo previo debe haber requerido de mucho tiempo y esfuerzo. El modelo mismo está confeccionado en forma limpia. De ello se puede inferir, en mi opinión, un corto tiempo de ejecución quizás de algunos meses como máximo.

El diseño planificado es totalmente simétrico en su eje

longitudinal y parcialmente en el transversal. Debido a la simetría en el eje longitudinal, debió ser realizada sólo la mitad de tal modelo previo.

Donde los arcos se encuentran interrumpidos debido a tal división en dos partes, los extremos libres de los hilos están fijados a hilos atirantados verticales. Estos hilos verticales de sujeción, están estirados en una superficie a lo largo del eje longitudinal. Las mitades de los arcos de hilos se encuentran en ángulo recto con los hilos de sujeción, donde pueden representarse las claves de los correspondientes arcos, nervios y cúpulas.

De este modo se regula la mitad de la forma del edificio, de acuerdo con la estática de todo el diseño. Las fuerzas horizontales, que actúan sobre los puntos de fijación, son neutralizadas a través de la tensión en los hilos verticales de sujeción.

En la mitad no ejecutada del modelo, unos pocos hilos indican simplemente los arcos y columnas más im-

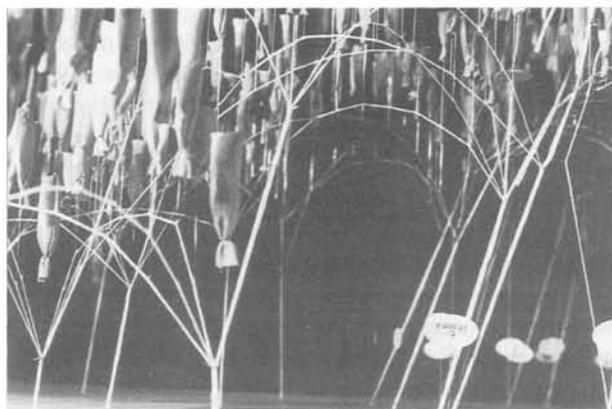


Foto girada 180°.



Pórtico. Vista oriental del modelo colgante y edificio.

portantes y facilitan así la comprensión del espacio total. Evidentemente, este expresivo modelo, confeccionado con gran claridad, ha sido concebido también como modelo demostrativo. La foto del modelo previo suministra muchas informaciones. Ha sido tomada desde la parte abierta del modelo, de modo que sólo unos pocos hilos se ven ocultos por los demás y por las cadenitas de los pesos. Con una cuidadosa investigación se logró determinar el recorrido de la mayoría de los hilos.

La perfección de la técnica de construcción de modelos utilizada para este modelo es asombrosa, teniendo en cuenta el hecho de que se trata de un desarrollo completamente nuevo. El que fueran utilizadas cadenitas como pesos, en cuyas diferencias de longitudes se pueden leer las proporciones de los mismos, el que la simetría del diseño fuera utilizada para así poder asistir de la ejecución de la mitad del modelo y el que la fotografía sirva como importante medio auxiliar, todos ellos son ejemplos de un manejo soberano de la técnica de modelos, de una manera tal que aún hoy no puede darse por sobreentendida.

La iglesia (Pág. 69) puede describirse como un espacio central cuadrado cubierto por nueve cúpulas, en todo caso ampliado en dos de sus lados, opuestos entre sí, a través de una cúpula en cada uno. A través del abovedamiento del sector ubicado entre dos espacios abovedados que se encuentran en ángulo agudo (esquina interior), junto a las cúpulas mencionadas, la construcción recibe una planta ovalada, con un contorno exterior que transcurre en suaves dobladuras. La cúpula central sobrepasa a las demás, que poseen la misma altura entre sí. La zona de las paredes exteriores está formada de igual modo en todos sus lados. Esta se compone de una doble envoltura, integrada por la pared exterior en sí, y en el interior por una construcción de coros colocada delante de ella, en tres planos corren las angostas galerías de los coros altos soportadas por columnas, de las que la más alta se encuentra aproximadamente a media altura del espacio interior. Esta última se extiende en pequeños balcones, en las cuatro esquinas interiores donde se encuentran los espacios abovedados. Esta doble estructuración de la zona perimetral, con una cantidad de elementos constructivos relativamente cortos y livianos, provoca la rigidización estructural de todo el espacio de la iglesia.

Al sistema de la doble estructuración, lo valoró como una importante renovación constructiva, la que en todo caso está presente en diferentes tipos de construcciones históricas. Los apoyos de los coros cuya inclinación va aumentando con la altura, reducen el peso del sector perimetral, que debe equilibrar el empuje de las cúpulas.

Exteriormente, la iglesia habría producido el efecto de una masa cerrada, que sólo habría sido sobrepasada por la cúpula central en torre. Este efecto habría sido logrado a través de la altura de la pared exterior que, en el interior, sobre los coros más altos, finaliza en una bóveda de cañón que recorre el perímetro. La parte superior de dicha bóveda de cañón habría estado conformada probablemente como un muro de cornisa ondulado o dentado. La gran altura de la pared exterior tenía entonces la finalidad de evitar la vista de las cúpulas bajas y, evidentemente, no tenía justificación estática alguna.

En la punta de la cúpula central de la torre son reconocibles en el modelo una gran cantidad de cadenitas extras de lastre. Este peso adicional indica una coronación en la torre. Es muy probable que aquí, como en el proyecto definitivo (torre del altar), la figura de una paloma debía coronar la torre.

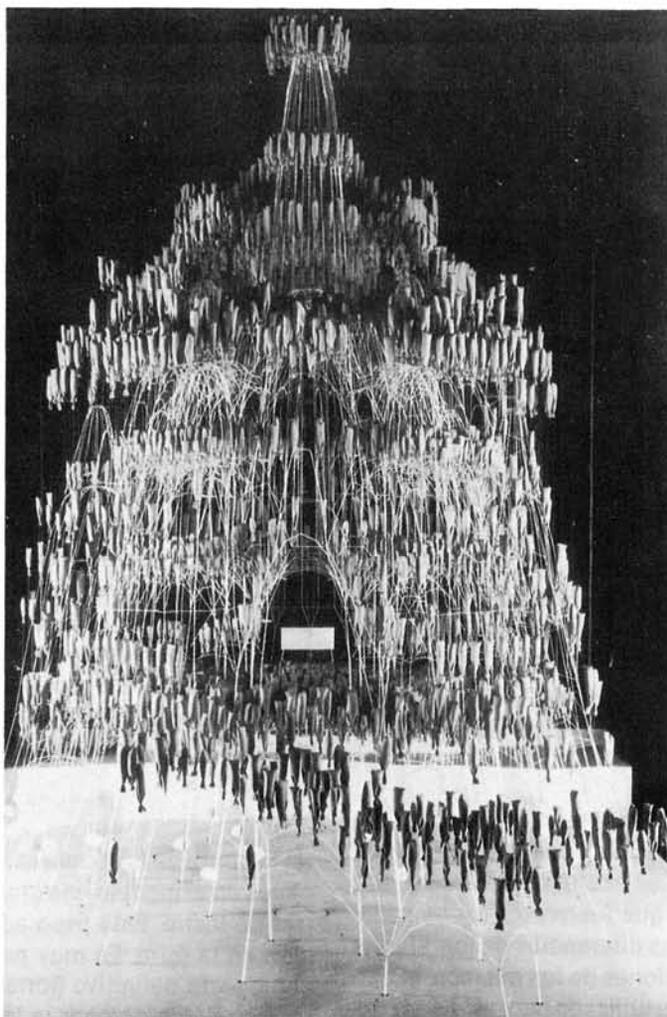
De acuerdo con el tipo de construcción del modelo, sería posible entradas en todas las zonas de la pared exterior (en todos lados hay la misma distancia entre los

apoyos de los coros). Desde el punto de vista arquitectónico, aparecen los accesos en los ejes como los más adecuados. El altar habría estado previsto en un extremo del eje longitudinal. Los coros y balcones habrían estado previstos para el coro de la iglesia y para un órgano. Su accesibilidad podría haberse logrado a través de una o varias escaleras en los lugares indicados en la planta reconstruida.

Junto a las ventanas de la pared exterior, sobre cuya posición y tamaño el modelo nada refiere, habrían estado previstos lucernarios en la cúpula central de la torre, para la iluminación del espacio interior. La importancia del centro del espacio está además recalcada por la altura creciente de los arcos que van a su encuentro. Las diferentes alturas de los arcos están en todo caso relacionadas también con el desagüe de las aguas

de lluvia del techo cupuliforme. A través de ello, los puntos más bajos, por encima de los apoyos, no habrían necesitado ser rellenados más que mínimamente para garantizar un escurrimiento sin problemas del agua.

Este modelo previo muestra que Gaudí se basaba en una forma simple para el complicado sistema del modelo colgante, en la cual son repetidos los mismos elementos y en la cual mucho es simétrico. También el hecho de que los apoyos principales sean verticales corresponde a una tendencia simple (la que en todo caso en el modelo colgante es una complicación). El que Gaudí abandone parcialmente la forma simple en su proyecto definitivo para la iglesia de la Colonia Güell, muestra también lo seguro que él por aquel entonces se sentía respecto a la estática de la construcción con modelos.



*La coordinación de este artículo ha corrido a cargo del Arquitecto José Miguel Reyes*

\*\*\*