

## CONOIDES

**CLAUDI ALSINA**

En este apartado describiremos una de las aportaciones más originales de Gaudí a la arquitectura moderna: el uso de las superficies regladas conoidales introducidas en el modesto diseño de su obrador y en las Escuelas Provisionales de la Sagrada Familia.

Hay dos afirmaciones de Gaudí que podríamos recordar aquí. Cuando pensaba en la geometría, el arquitecto decía que, «para la ejecución de superficies, no complica, sino que simplifica la construcción». Y, en cuanto a las bóvedas, aseguraba que buscaba que sus formas tuvieran «propiedades geométricas adecuadas a sus finalidades utilitarias, ornamentales y constructivas».

Como veremos, esas dos citas tienen, en el uso de las superficies conoidales, una materialización evidente.

### **Sobre las superficies conoidales en general**

Estas sugerentes e imaginativas superficies regladas quedan determinadas en el espacio por una recta, un plano perpendicular a ella y una curva. Están formadas por todas las rectas que se apoyan ordenadamente en la recta dada y en los puntos correspondientes de la curva fijada, y todas las rectas son paralelas al plano dado. Podríamos considerar (y de ahí procede el nombre) que esas superficies extienden el caso de los conos, ya que sus rectas generatrices no pasan por un vértice, sino por toda una recta directriz.

Las superficies conoidales están presentes en la naturaleza vegetal, especialmente en las hojas y en las flores, en las que la materia fibrosa tiende a adoptar la forma de una superficie conoidal entre los tallos rectos centrales y las curvas que delimitan los perfiles externos.

Con cordeles elásticos, doblando papel, con alambres o con barro o yeso, es posible hacer modelos creativos de esas superficies, y, según la curva considerada, los efectos son sorprendentes.

Entre los casos más conocidos de superficies conoidales tenemos un plano (cuando la curva de apoyo es una recta paralela a la dada), un helicoides (cuando la curva de apoyo es una hélice cilíndrica y la recta inicial, el eje de ese cilindro) y un paraboloides hiperbólico (cuando la curva de apoyo es una recta que se cruza con la de partida).

En este apartado describiremos dos casos excepcionales: los perfiles helicoidales y los sinusoidales.

### **Sobre el perfil helicoidal**

Un tradicional y bello ejemplo de conoide es el de la superficie helicoidal, soporte de las escaleras de caracol. La bóveda catalana ha sido un recurso sencillo y emblemático para construir helicoides. En la Sagrada Familia encontramos escaleras de caracol espectaculares hechas de piedra.

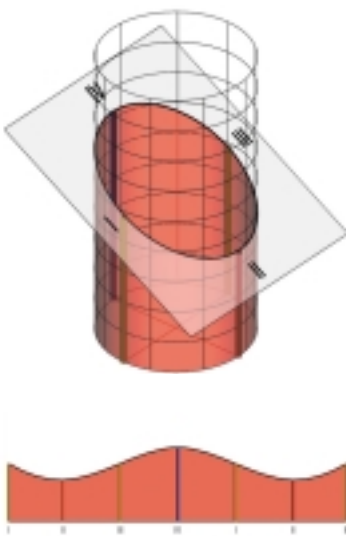
En la helicoides, las rectas se apoyan perpendicularmente en el eje del cilindro y en una hélice determinada en la superficie de ese mismo cilindro (hay que recordar que un tramo de hélice procede de una recta en el desarrollo plano del cilindro, y por eso las hélices tienen una pendiente constante). Conviene tener presente, sin embargo, que Gaudí siempre pensó en este conoide de una forma dinámica, generado por una recta que se mueve perpendicularmente al eje y que combina al mismo tiempo la traslación y la rotación, el famoso «movimiento helicoidal», que también fue un instrumento clave en la creación gaudiniana de las columnas.



Conoide de la cubierta del obrador de Gaudí



Conoides de la cubierta y los muros de las Escuelas Provisionales de la Sagrada Família



Sección elíptica de un cilindro. Al desplegar la superficie cilíndrica seccionada se genera una senoide

### Sobre el perfil sinusoidal

En la cubierta de las Escuelas Provisionales, el perfil sinusoidal de un lado implica necesariamente el correspondiente perfil en el otro. Es curioso constatar que los perfiles de este tipo son muy corrientes cuando se trabaja experimentalmente la geometría en el espacio. Una hoja delgada de cartulina sobre la cual se ejerza presión con las manos simultáneamente por ambas caras adquirirá una forma sinusoidal. Asimismo, si cortamos un cilindro de papel según un plano inclinado respecto del eje del cilindro, obtenemos la sección elíptica del cilindro, que, desarrollada, da la curva sinusoidal. También puede obtenerse una senoide a partir de la sombra de una hélice de alambre. Desconocemos la forma exacta en que trabajó Gaudí las sinusoides, pero los experimentos que acabamos de indicar muestran una forma muy sencilla de conseguir esas curvas.

En la naturaleza podemos observar formas sinusoidales en las olas del mar, en los movimientos serpenteantes, cuando miramos líneas de cresta lejanas, o en suaves perfiles presentes en formas vegetales y animales. Según el estudioso George R. Collins, los perfiles de la concha del taclobo, utilizada a menudo por el arquitecto en el interior de las iglesias para poner agua bendita, podrían haberle inspirado la forma de

la cubierta del obrador y también de las Escuelas Provisionales.

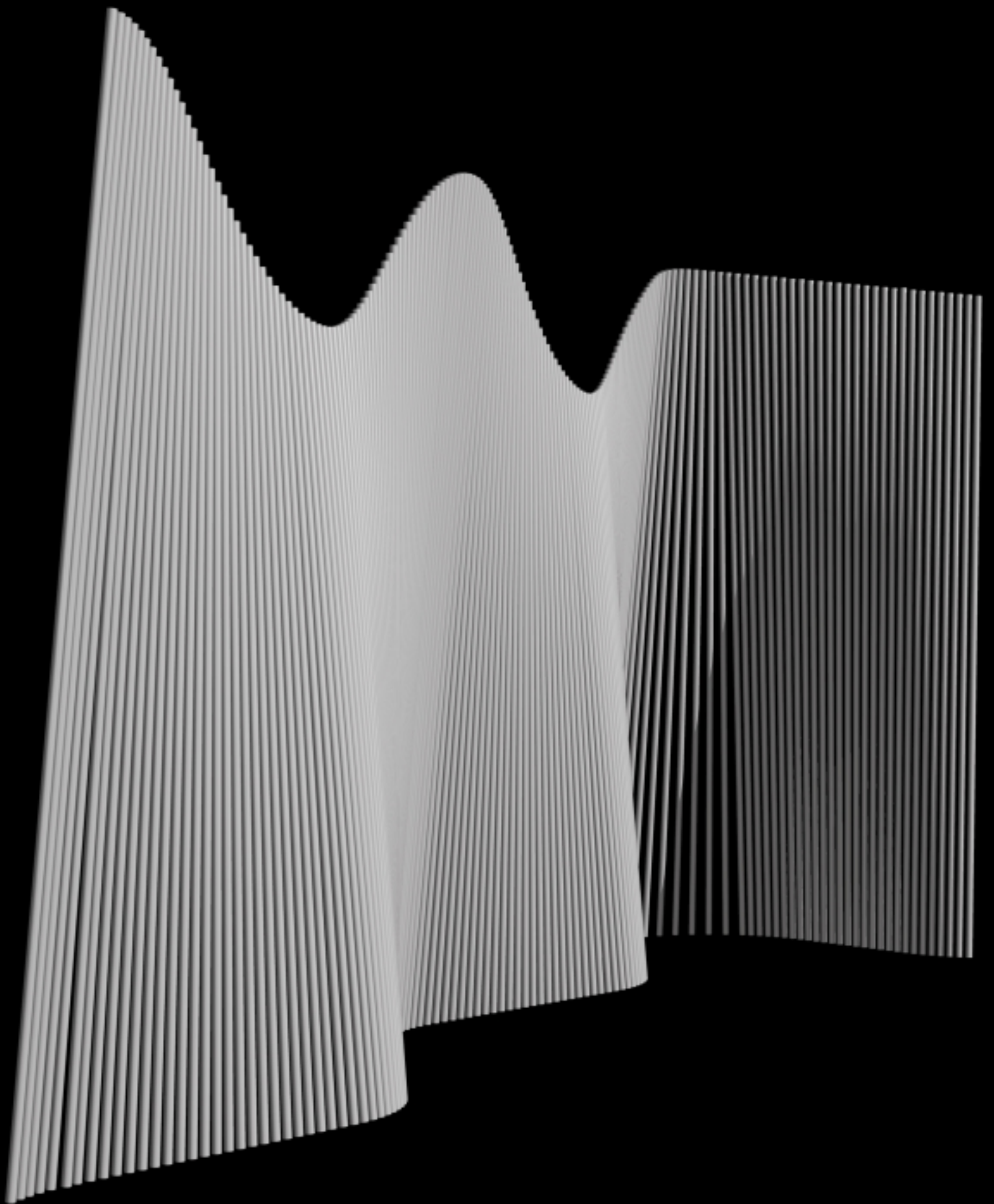
### Conoides sinusoidales gaudinianos

El primer conoide sinusoidal que hizo Gaudí fue en su obrador, concretamente en la cubierta del almacén de modelos, al lado del estudio fotográfico, que seguía las direcciones del chaflán de las calles Provença y Sardunya de la Sagrada Família, con jácena central siguiendo el chaflán. Esa intersección se resolvía con un tetraedro de poca altura que se construyó a finales del siglo XIX, al mismo tiempo que el estudio fotográfico adjunto. Tenía cubierta movable y en él estaba, a escala 1:10, el modelo de la nave del templo. El edificio fue destruido parcialmente en 1936.

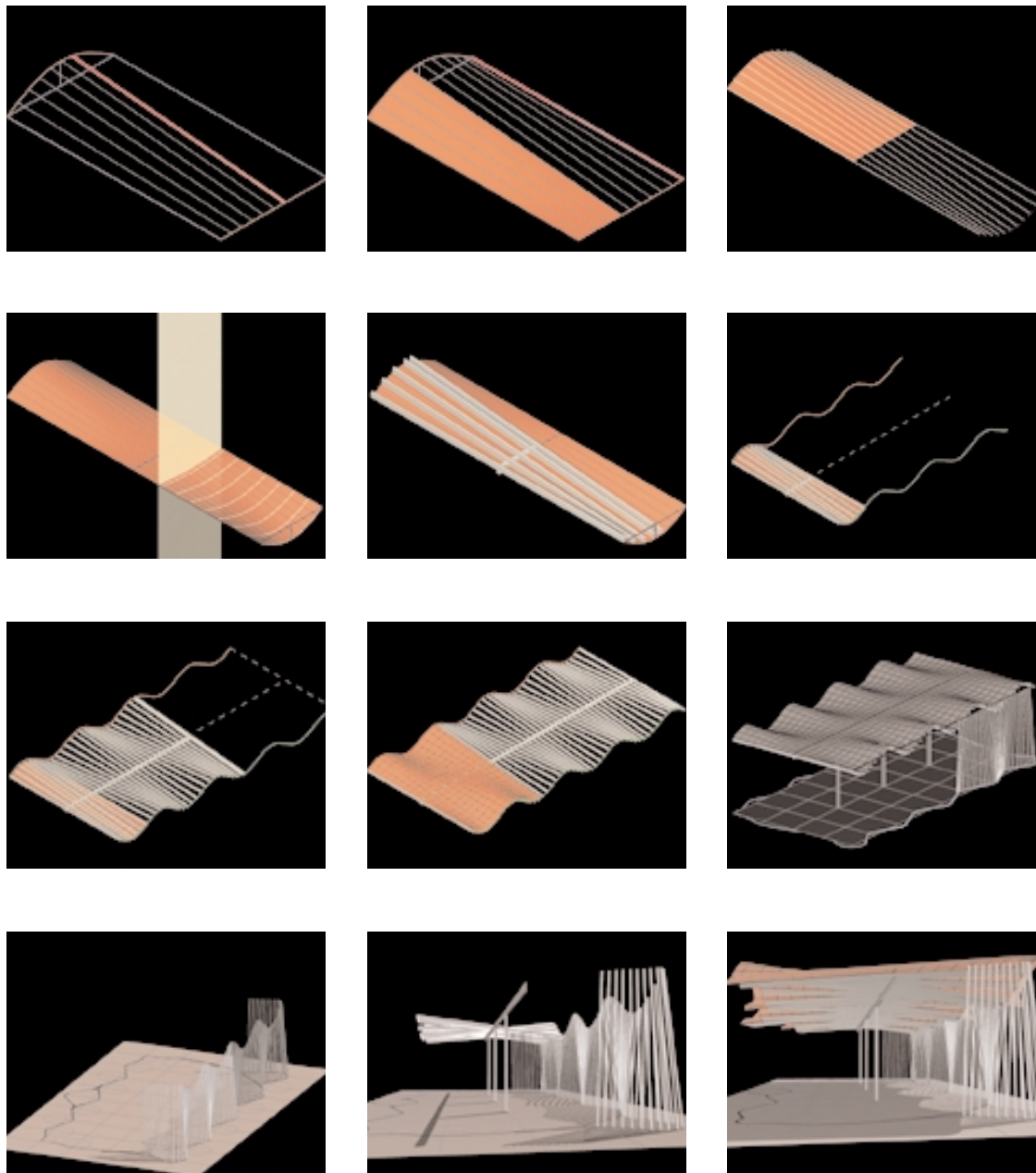
Durante los años 1909 y 1910 se construyeron las Escuelas Provisionales, proyectadas por Gaudí con conoides tanto en la cubierta como en todos los cierres. El eje recto central de la cubierta es una viga horizontal de doble T en la que se apoyan los tabloneros generadores de la cubierta. Esa viga central tenía tres pilares de apoyo (uno a cada extremo y otro en el medio).

Gaudí se dio cuenta de que los tabloneros de pendiente variable determinantes de los tabiques laterales que se colocasen balanceándose en la

A la derecha:  
Modelización informática del conoide de los muros de las Escuelas Provisionales de la Sagrada Família







Secuencia geométrica de imágenes de los conoides de la cubierta y de los muros de las Escuelas Provisionales de la Sagrada Família

viga longitudinal central, según un perfil sinusoidal en los extremos, harían que las rectas perpendiculares a ellos definieran también una nueva superficie sinusoidal.

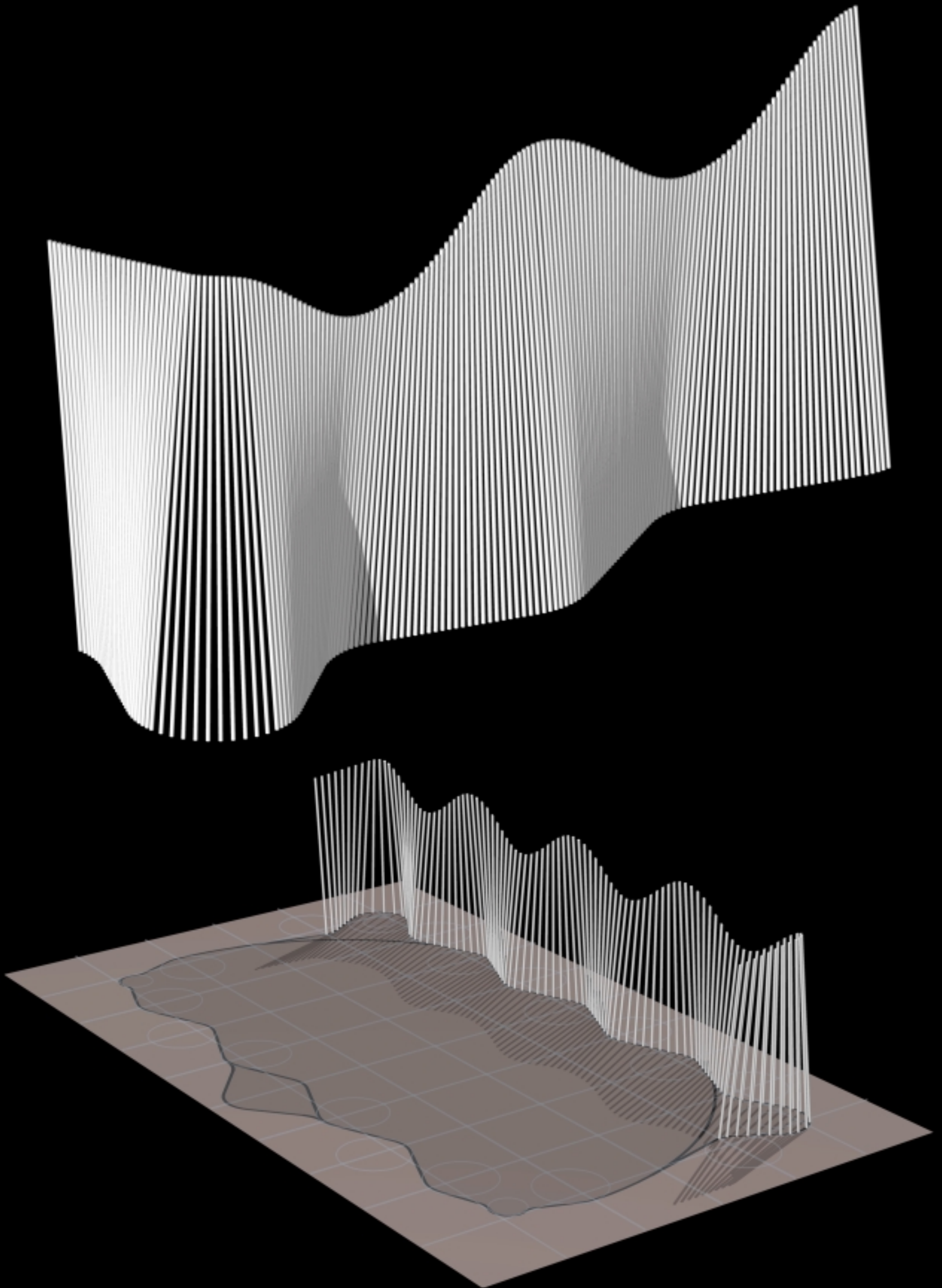
He aquí, pues, la razón de esa sinusoidal, presente en diversos lugares de la obra, tanto en la cubierta como en los cierres, siempre con bóveda de ladrillo de plano.

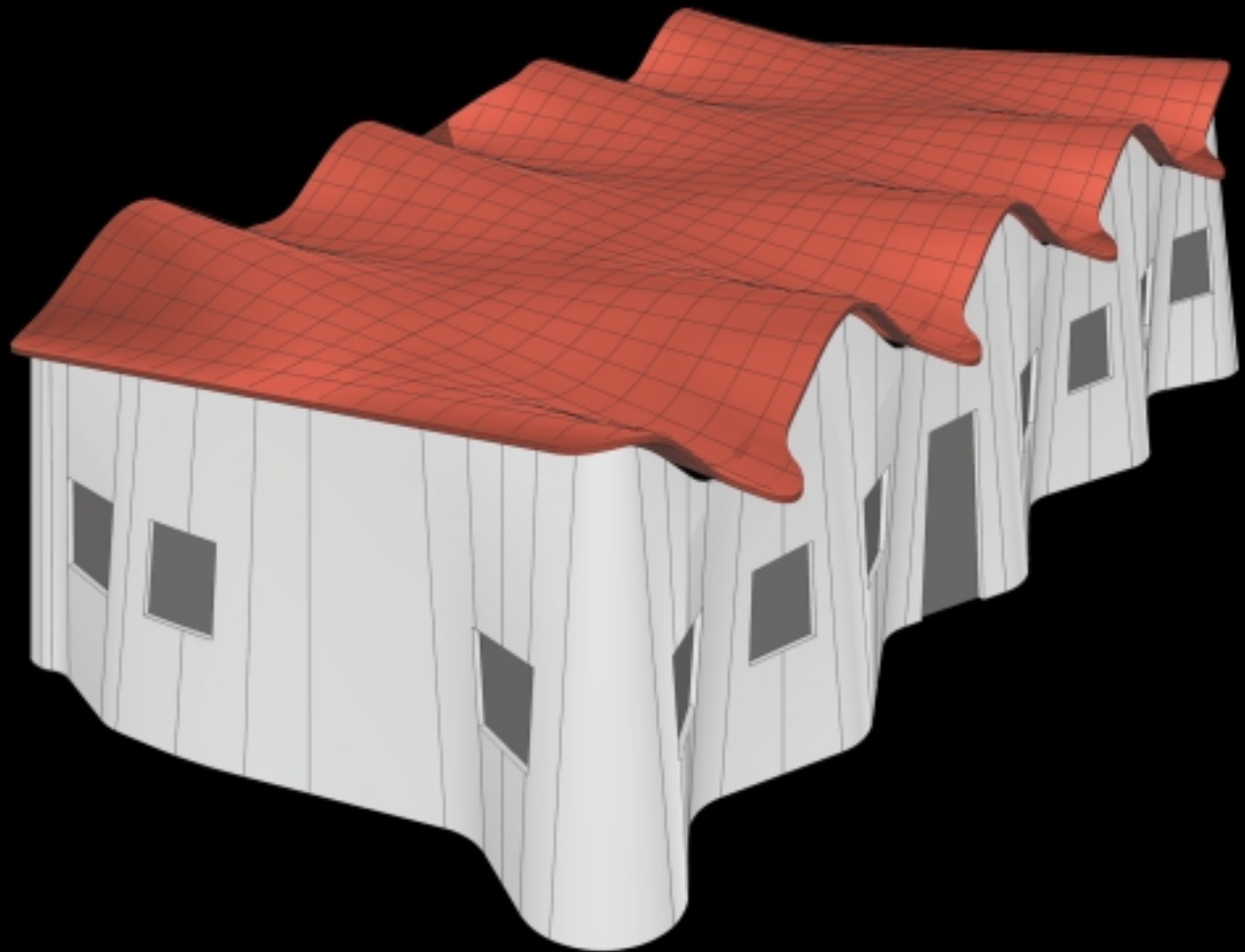
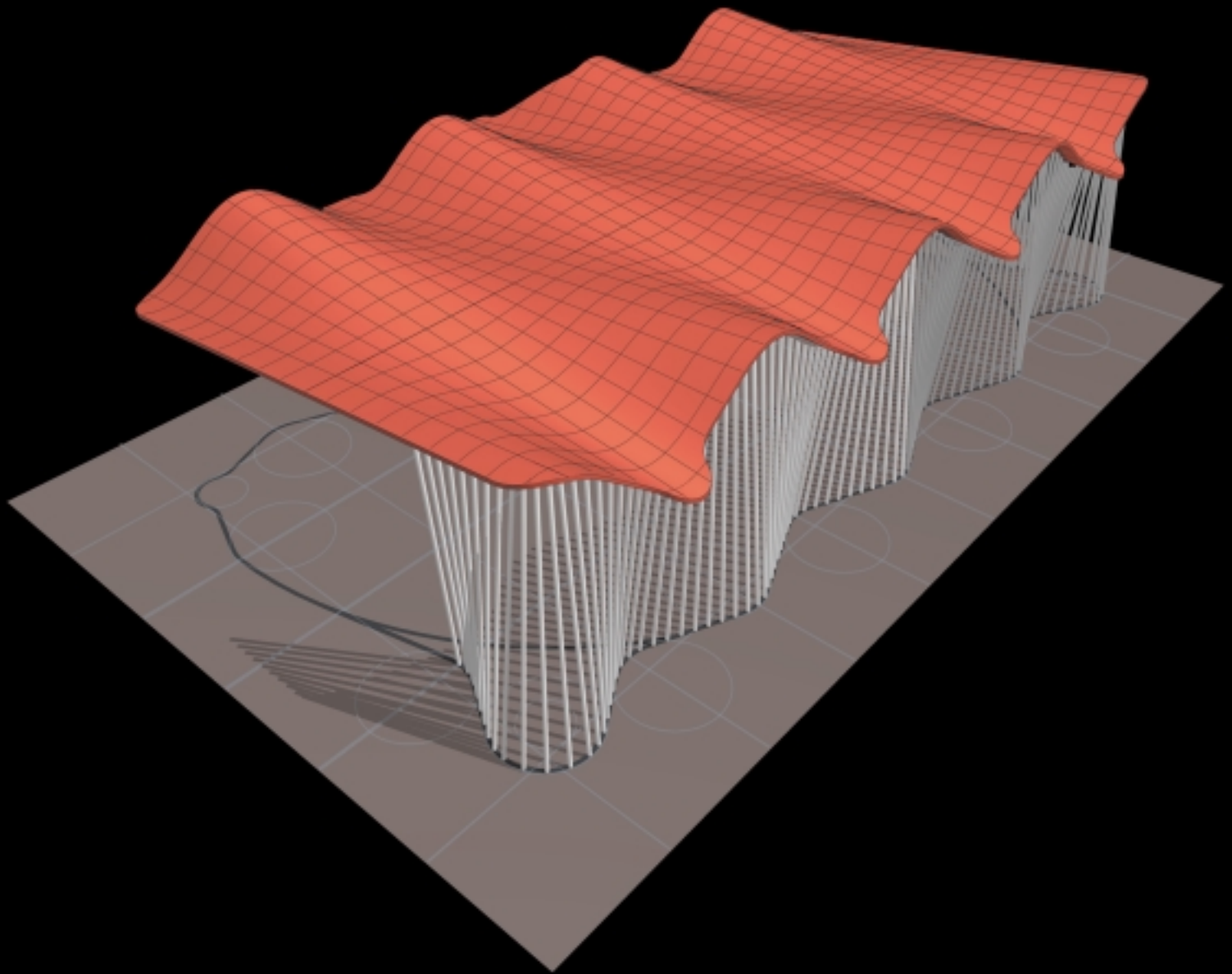
Hay que observar, sin embargo, en cuanto a la construcción, que las partes inclinadas parcialmente de las Escuelas tienen, como extremo superior, la cubierta sinusoidal, y como inferior, un perfil «sinuoso» formado, de hecho, por pequeños arcos de círculo y segmentos rectos tangentes a los arcos de círculo correspondientes.

Estas soluciones sencillas y económicas requerían un material mínimo, y las paredes y el techo se hicieron de ladrillo. La curvatura de la cubierta (tres capas de ladrillo) aumentaba notablemente la resistencia de esa ligera construcción, y aseguraba un desagüe perfecto de la cubierta como consecuencia del fino juego alternado de la concavidad y la convexidad y de un acabado impecable de los bordes.

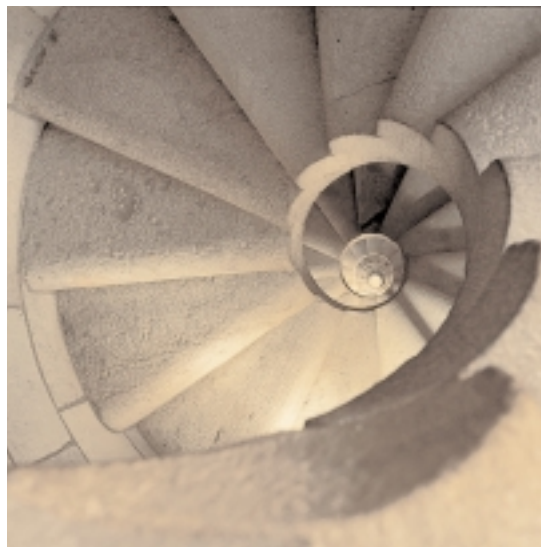
Este edificio compacto de las Escuelas Provisionales fue pensado por Gaudí especialmente para los niños, ya que el efecto sinusoidal se alejaba de la monotonía tradicional de las paredes planas. A pesar de que las dimensiones de la planta eran muy reducidas (10 × 20 metros), el edificio acogía tres aulas independientes,

A la derecha:  
Modelización informática del conoide de los muros de las Escuelas Provisionales de la Sagrada Família, con la planta del conjunto

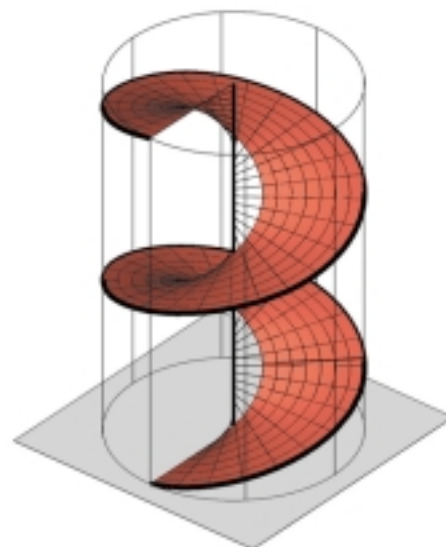








Escalera de caracol en una torre del templo de la Sagrada Família



Modelo geométrico de escalera de caracol

un espacio de acceso con capilla y un pequeño patio exterior en el que se situaron los sanitarios, con una cubierta en forma de paraboloides hiperbólicos.

La cubierta y el interior fueron destruidos en 1936, y en 1938 Domènec Sugrañes los reconstruyó con los pocos recursos de los que disponía el CENU (Consejo de la Escuela Nueva Unificada) durante la Guerra Civil para recuperar edificios escolares. Desgraciadamente, la obra se quemó en 1939. Unos cuantos años más tarde se hizo una segunda reconstrucción, a cargo de Francesc de Paula Quintana. En esas restauraciones se introdujeron variaciones en los tabiques interiores y en los coronamientos de la parte superior y la cubierta, sin las gárgolas de desagüe que se habían colocado en los extremos.

Así pues, en vista de la explicación anterior, no es de extrañar que actualmente se haya proyectado una nueva reconstrucción digna del edificio de las Escuelas Provisionales que permita apreciar la singular belleza de las cubiertas y los cierres.

### La influencia moderna de Gaudí

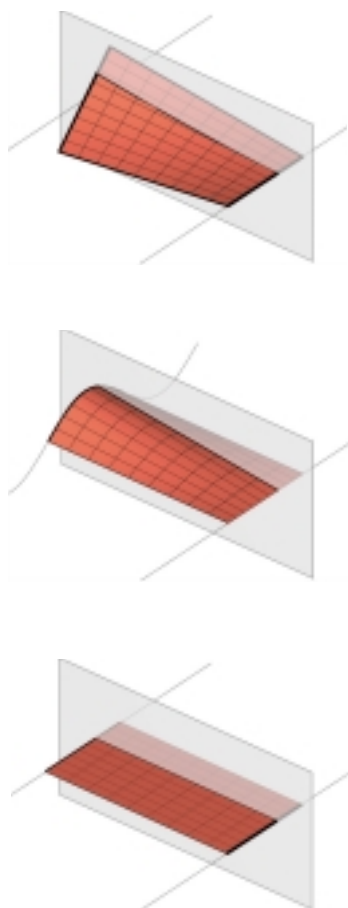
Si bien las grandes obras de Gaudí son singulares proyectos irrepetibles, con un exclusivo sello personal e intransferible, esta obra provisional tan modesta de las Escuelas Provisionales de la Sagrada Família puede considerarse una aportación original que ha inspirado a muchos otros creadores.

Para entender ese hecho sólo hay que observar que el edificio de las Escuelas es un objeto geoméricamente puro, vacío de toda decoración o referencia natural o histórica y arquitectónicamente ejemplar en cuanto a sencillez constructiva, minimalismo estructural y funcionalidad libre.

En ese sentido, se conservan los dibujos que hizo Le Corbusier de estas Escuelas en una visita a Barcelona, y se tiene constancia de los numerosos elogios que dedicó ese padre de la arquitectura moderna a la obra mencionada.

El uso imaginativo de las cubiertas regladas, que superan la monotonía de la superficie plana, ha influido tanto en la obra de Le Corbusier como en la de Eduardo Torroja, Pier Luigi Nervi, Félix Candela (quien, en el exilio, creó importantes cubiertas regladas en iglesias y edificios singulares) y Santiago Calatrava, entre otros.

C. A.



Modelos geométricos de paraboloides hiperbólicos, conoide sinusoidal y plano

A la izquierda: Modelización informática de los conoides de la cubierta y de los muros de las Escuelas Provisionales de la Sagrada Família