

SANTUARIO
DE LOS MÁRTIRES DE CRISTO

ES GB

Proyecto estructural único en el mundo

Capítulo14

Descripcion general

ES GB

Este proyecto estructural, único en el mundo, será un centro espiritual y de recogimiento para albergar las urnas de los mártires mejicanos además de posta médica, labores humanitarias y otras labores religiosas. Por sus dimensiones (más de 110 m de luz libre y más de 65 de altura) será de las cúpulas más grandes de la cristiandad, en particular en volumen total cerrado sin pilares intermedios. De hecho es la iglesia de forma arquitectónica libre de mayor dimensión de toda la cristiandad. El proyecto arquitectónico realizado por GVA (Arquitecto José Manuel Gómez Vázquez Aldana) contempla tres cúpulas consecutivas (de forma libre) cerradas en su entrada principal por una cúpula semi-esférica. Nuestro trabajo consistió primero en geometrizar las “acuarelas” facilitadas por el despacho de arquitectos (para lo cual empleamos el programa de simulación avanzada de la NASA denominado RHINO) y posteriormente analizar y dimensionar el conjunto manteniendo los costos bajos a pesar de la enorme complejidad aparente.

Este santuario está principalmente dedicado a todos los Santos y Beatos mártires mexicanos. Durante la revolución Mexicana surgieron numerosos mártires principalmente entre los años de 1927 y 1929. A la fecha hay 26 santos y 24 beatos reconocidos por la Iglesia entre mártires de la persecución religiosa y misioneros de Japón y México. Al mismo tiempo se dispone de Columbarios donde depositar las cenizas de todas aquellas personas que deseen que sus

FICHA TÉCNICA

2007-2013
Guadalajara, Jalisco. México
185.000 m^2
20.000.000 USD





www.luisbozzo.com/santuario

FICHA TÉCNICA

ES GB

Nombre de la obra: **SANTUARIO DE LOS MÁRTIRES DE CRISTO**

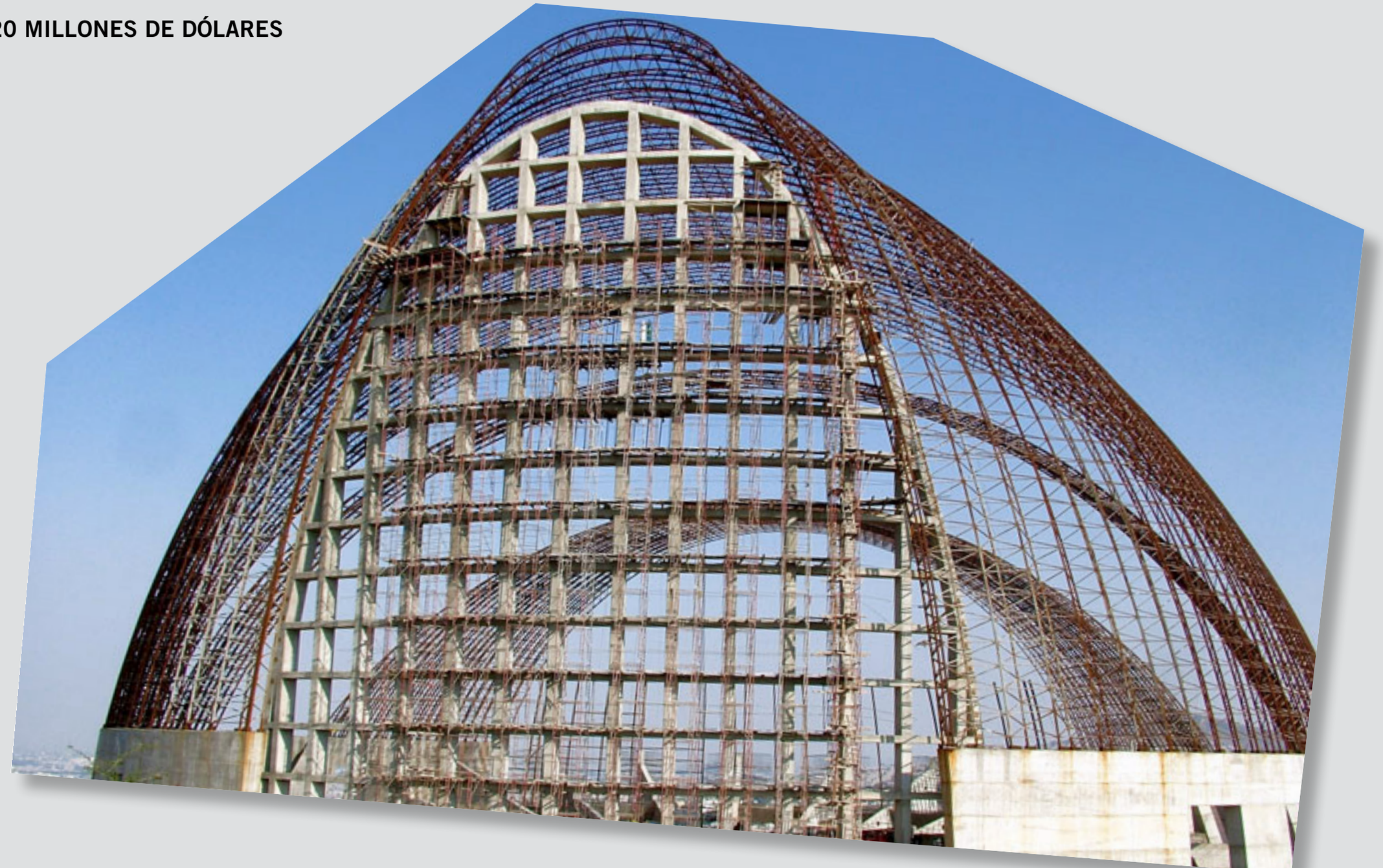
Promotor: **GOBIERNO DE JALISCO**

Autor del proyecto estructural: **LUIS M. BOZZO**

Autor del proyecto arquitectónico: **GVA (Arquitecto José Manuel Gómez Vázquez Aldana)**

Director general de la obra: **HÉCTOR CASTELANOS FRANK**

Presupuesto: **20 MILLONES DE DÓLARES**



ES GB

Renders que muestran la magnitud del proyecto

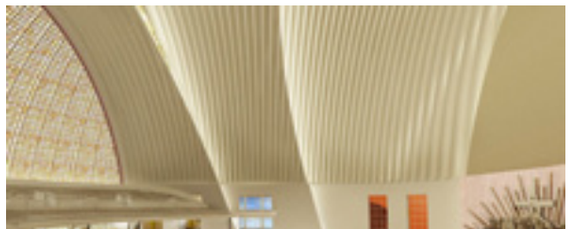


Vista exterior frontal *Front exterior view*









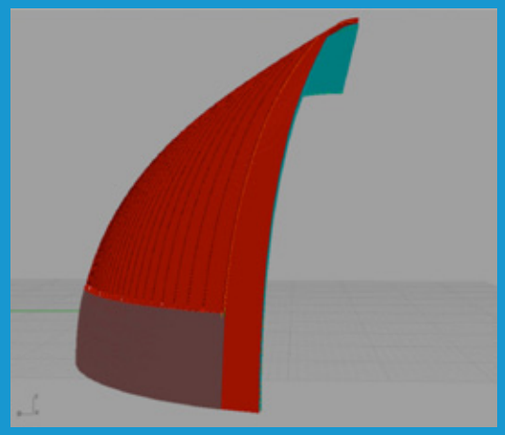
Geometría libre y mecanismos de transmisión de cargas dispuestos

ES GB

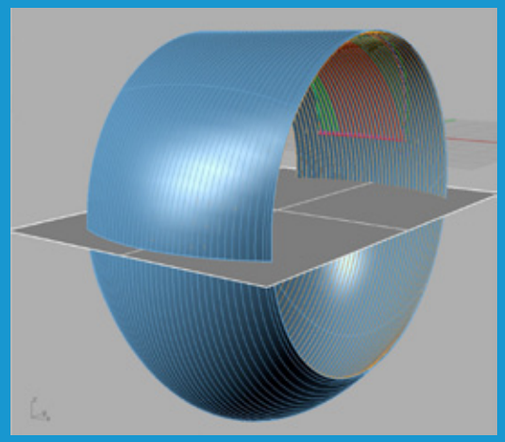
Las cúpulas son de forma libre, aproximadamente, esféricas o cilíndricas pero no se limitan a estas geometrías, con un voladizo de 30 m en la entrada principal. Esta forma libre compleja se resuelve de forma simple con arcos metálicos separados en el eje de la iglesia cada 1, 5 m y diagonales que unen el cordón inferior y el superior, es decir con la tipología de arcos en celosía. El peralte entre los arcos metálicos inferiores y superiores es de 1 m, por lo que se tiene una gran inercia con muy poco peso.

Un simple número permite comprobar que perfiles como los dispuestos para los arcos de éstas cúpulas (tubulares 150x150x6) transfieren hasta 917 kn y para un arco con luz “2h” y altura “h” esta resistencia equivale aproximadamente a 3,35 hq siendo “q” la carga por “m^2”. Igualando ambas y para una carga por “m^2” de 400 kg/m^2 se obtiene una luz máxima teórica de 2h=137 m. Es evidente que estos cálculos son teóricos dada la esbeltez y pandeo del perfil 150x150x6 y aquí entra la teoría del “vigilante” que arriostra al arco y le dota de una gran inercia sin aumentar su peso. Es decir los arcos superiores son el vigilante del arco evitando su pandeo y centrando las cargas para que éstas sigan siendo el anti funicular de las cargas. En la realidad tanto los arcos superiores como los inferiores trabajan conjuntamente evitando el pandeo por compresión obteniéndose una estructura metálica muy ligera de solo 50 kg/m^2 de acero laminado.

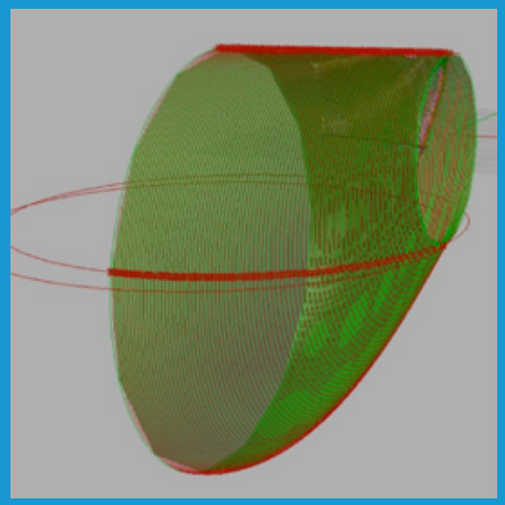
Proceso de “geometrizar” la compleja forma inicial mediante el programa Rhino para cada una de las tres cúpulas.



Cúpula del Altar

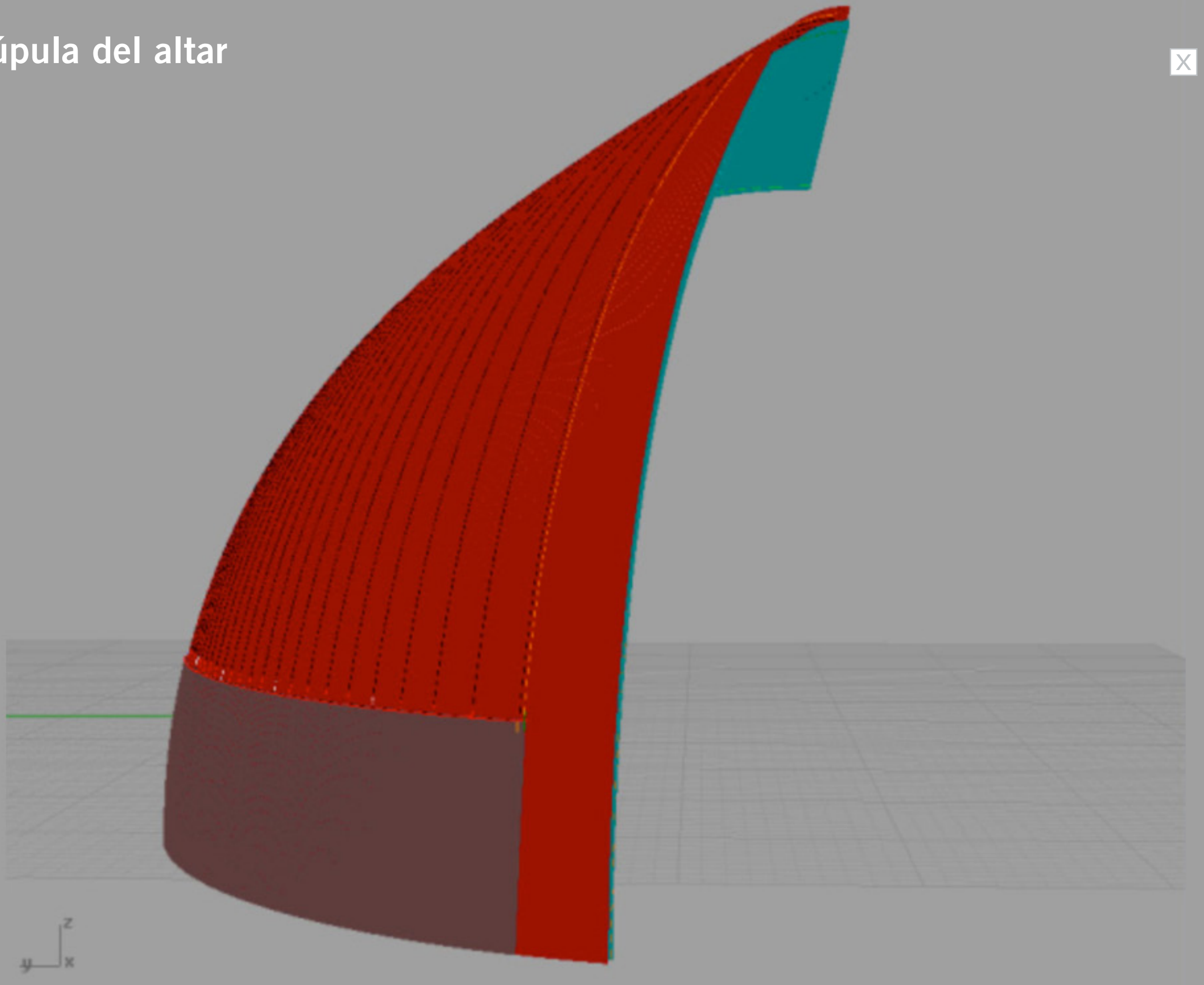


Cúpula intermedia (C2)



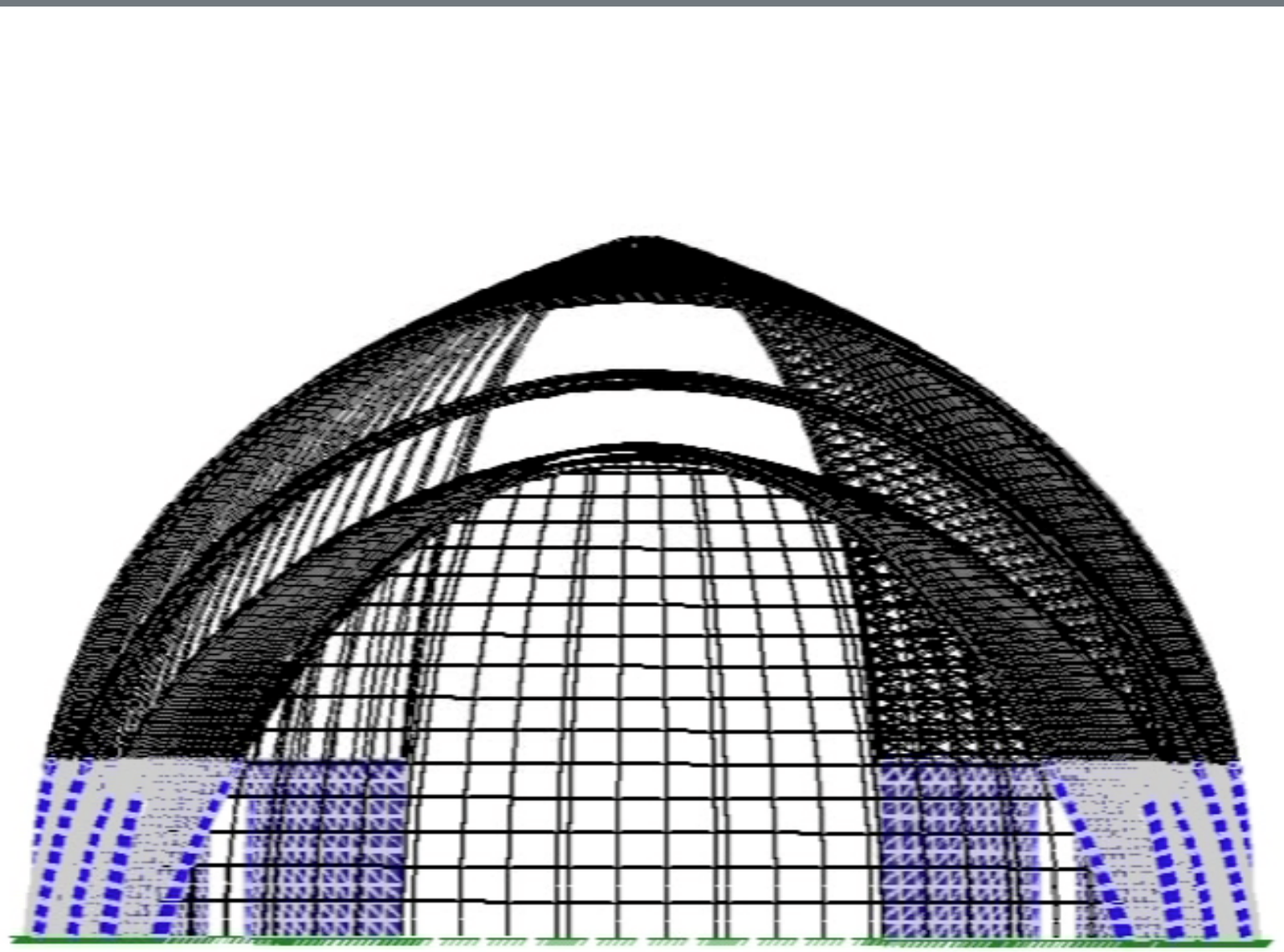
Cúpula de la entrada (C1)

Cúpula del altar

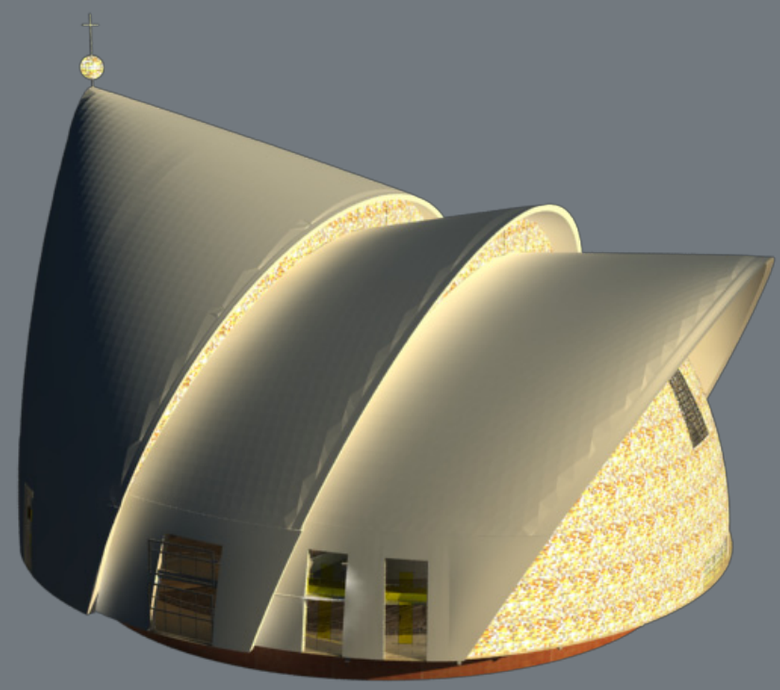


ES GB

Animaciones de la estructura de las cúpulas



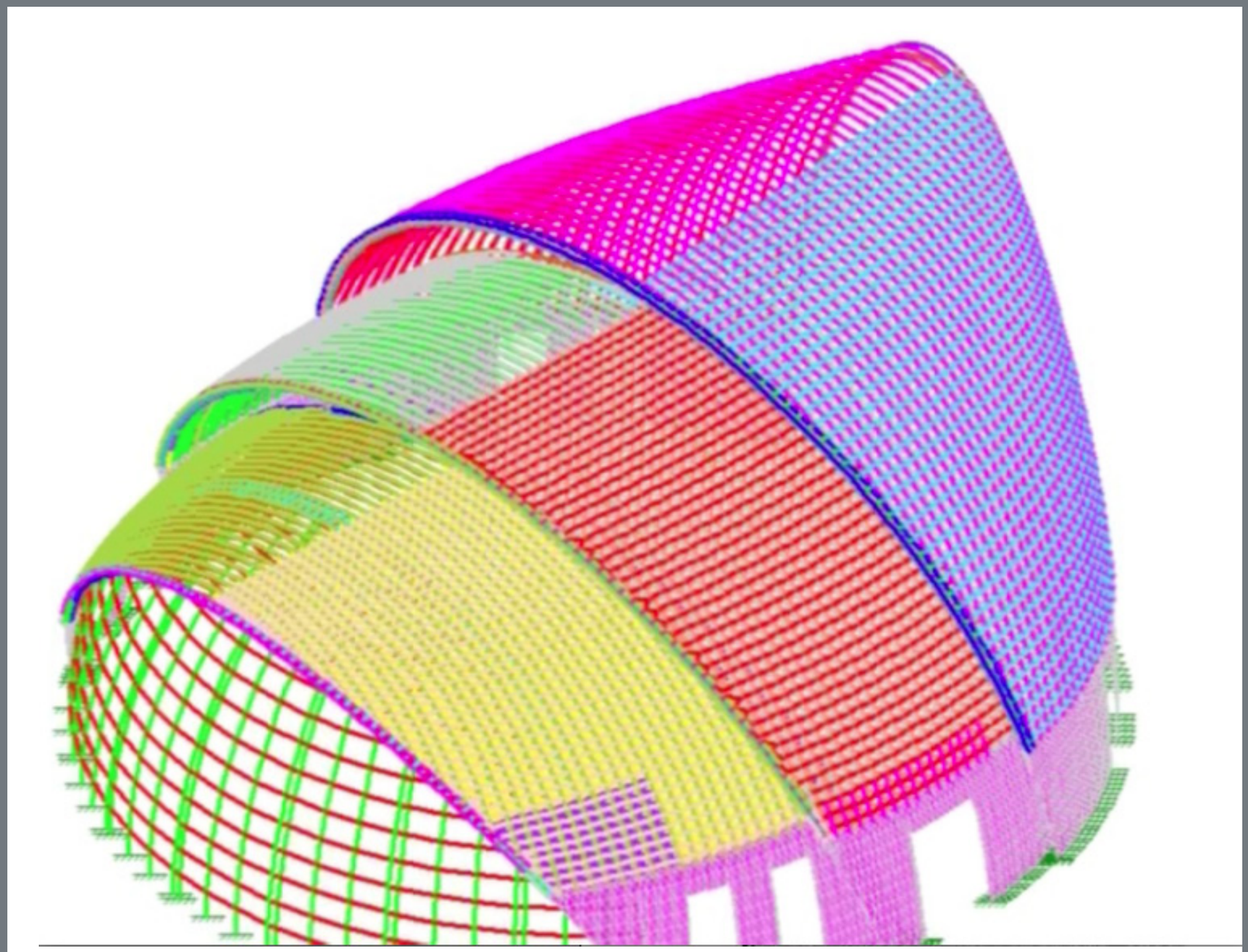
Simulación 3D de las fases constructivas de las cúpulas.



Sancho, aquí anirà la primera part del video que t'he passat "Secuencia 01.mov" des del principi fins el minut 1'25".

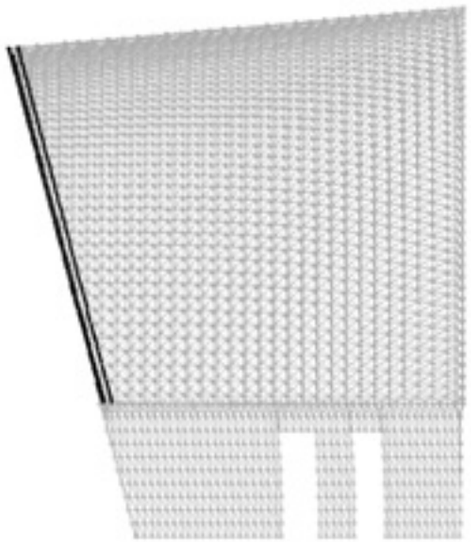
ES GB

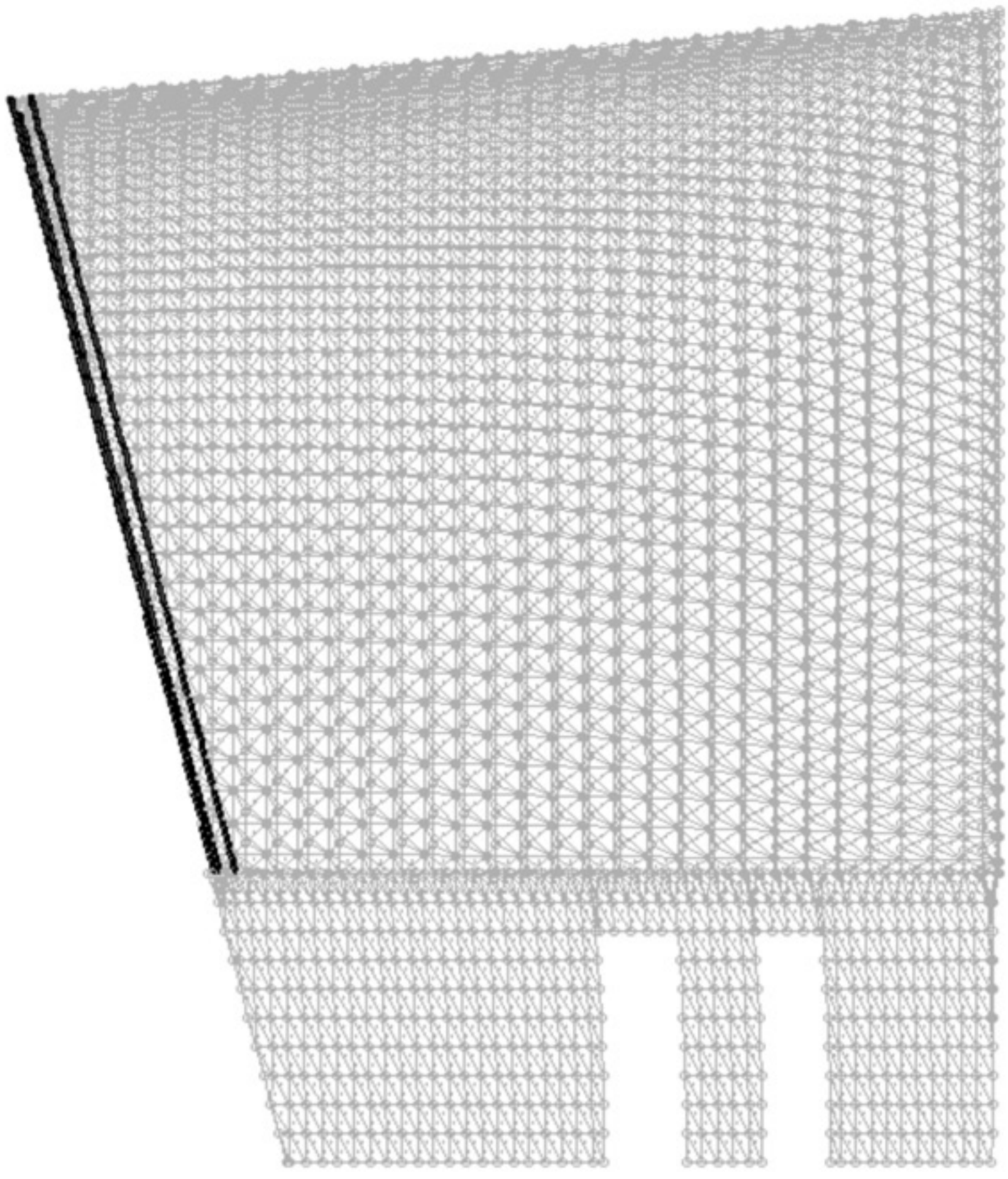
El modelo en Acad listo para ser exportado al programa de cálculo



Sancho, aquí anirà la segona part del video que t'he passat "Secuencia 01.mov" des del minut 1'25" fins al final.

Los arcos se disponen cada 1,5m según el eje de la iglesia los cual origina que en los bordes en voladizo estos no vayan de muro a muro. En dichas zonas se ubican, por tanto, arcos espaciales inclinados que rematan todos los bordes en voladizo. Por tanto el mecanismo de carga es simple en cuanto a tener arcos verticales que van de muro de concreto a muro de concreto y otros que se apoyan en arcos inclinados que transfieren la carga del voladizo a los muros. En cuanto a los muros de concreto estos son de 1,2 m de espesor de forma curva en ambas direcciones.





Geometría libre y mecanismos de transmisión de cargas dispuestos

ES GB

Con relación a su cimentación la iglesia se ubica en la cima de una montaña de origen volcánico. Por ello el suelo es muy heterogéneo con rocas ligeras tipo pomex, con zonas de grandes rocas basálticas muy duras apoyadas en zonas blandas. Para prevenir asentamientos diferenciales se dispuso de una cimentación rígida en forma de herradura con una previa mejora del terreno mediante columnas de micro pilotes de concreto. En las imágenes fig.1 y 2 pueden observarse los laterales las distintas capas de terreno. Grandes rocas basálticas mezcladas con estratos blandos y piedras pómez sueltas. En definitiva, la peor pesadilla de un calculista de estructuras.


1

Para contrarrestar el empuje horizontal de los arcos se dispuso hormigonar directamente sobre el terreno lateral, tal como se observa en secuencia fotográfica aérea fig.3. En algunas zonas esto originaba una merma excesiva de material y por ello se dispuso de encofrados. Por otra parte de forma adicional se emplearon tres tensores postensados que ataban la cimentación de lado a lado y evitaban su tendencia a abrir.


2

Un aspecto a destacar (fig.4) es el muro posterior al altar con altura de casi 50 m y espesor de solo 60 cm. Para ello se dispuso de una forma curva en planta y en altura muy eficiente para su comportamiento en voladizo vertical. De forma adicional se conectó el muro mediante 6 perfiles a los arcos posteriores de forma tal de uniformizar desplazamientos y evitar rotura de vidrios en


3





ES GB

Cálculo estructural y proceso constructivo

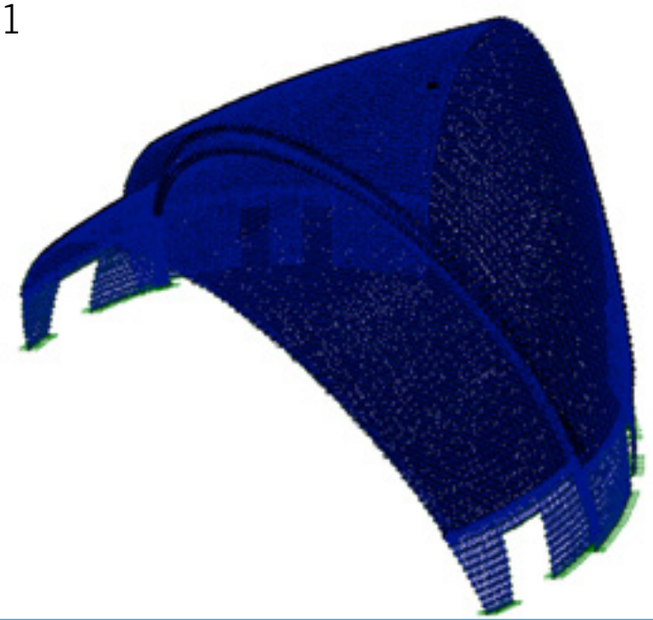
Una estructura de esta complejidad requiere el desarrollo de diversos modelos de cálculo, desde los más simples para predimensionar espesores y secciones de arcos individuales hasta modelos de cúpulas trabajando conjuntamente. Para ilustrar la complejidad consideremos la cúpula C1, C2 y la semi-esfera de la entrada. Para este modelo conjunto se necesitan de 30.529 barras, 12.525 nudos y 14.882 elementos finitos. En números globales se trata de disponer de aproximadamente de 50.000 barras todas ellas de distinta longitud.

La fig.1 muestra el modelo conjunto de las cúpulas C2 y C3 empleando para verificar el efecto del viento entre ellas.

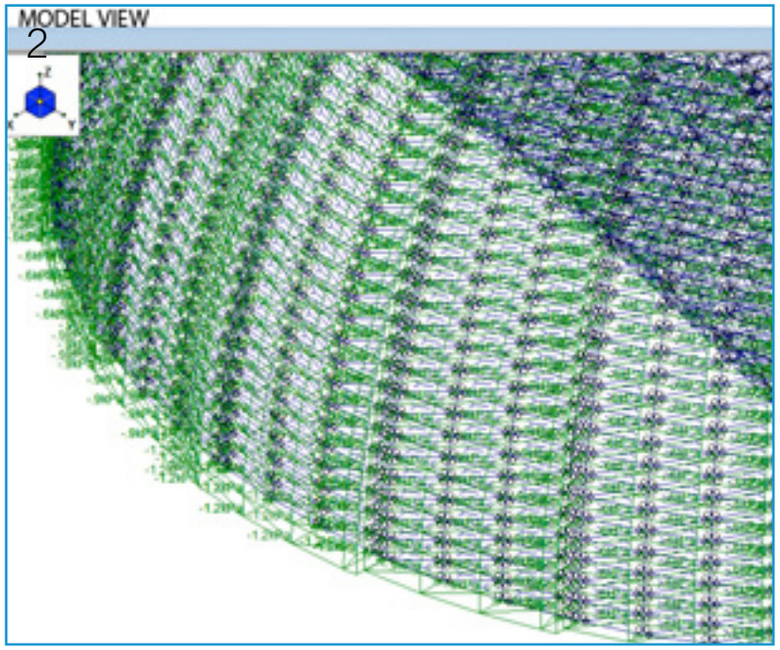
Se realizaron modelos individuales de las cúpulas para determinar su respuesta frente a cargas verticales y de viento para posteriormente verificar la respuesta conjunta modelando los elementos de unión entre ambas cubiertas que corresponden a las vidrieras y su estructura de apoyo. Este cálculo conjunto se considero necesario pues es habitual en diversas estructuras de grandes luces, de hace algunos años, ver como se produce la rotura habitual de vidrios motivo de cargas laterales de viento o incluso por efectos térmicos. (Cúpulas de Candela, iglesia de Niemeyer en Brasilia, “Pentágono-Peruano” en Lima, entre otras).

Con relación a las cargas se consideró el peso propio de los perfiles más

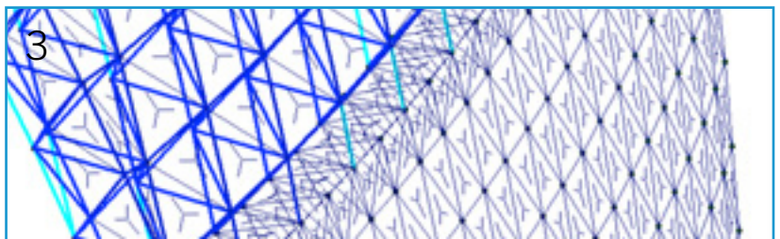
1



2



3





ES GB

Detalles de la construcción desde 2007 hasta 2012











Material Complemetario

ES GB

Estracto de video “El Pulso de la Fe”: Santuario de los Mártires de Cristo

