



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Grado de Ingeniería de Edificación

PFG Modalidad: Científica-Técnica

<Rafael Juan Ligorit Tomás>

<Francisco Javier Sanchís Sampedro>



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

**Análisis geométrico, constructivo y estructural:**

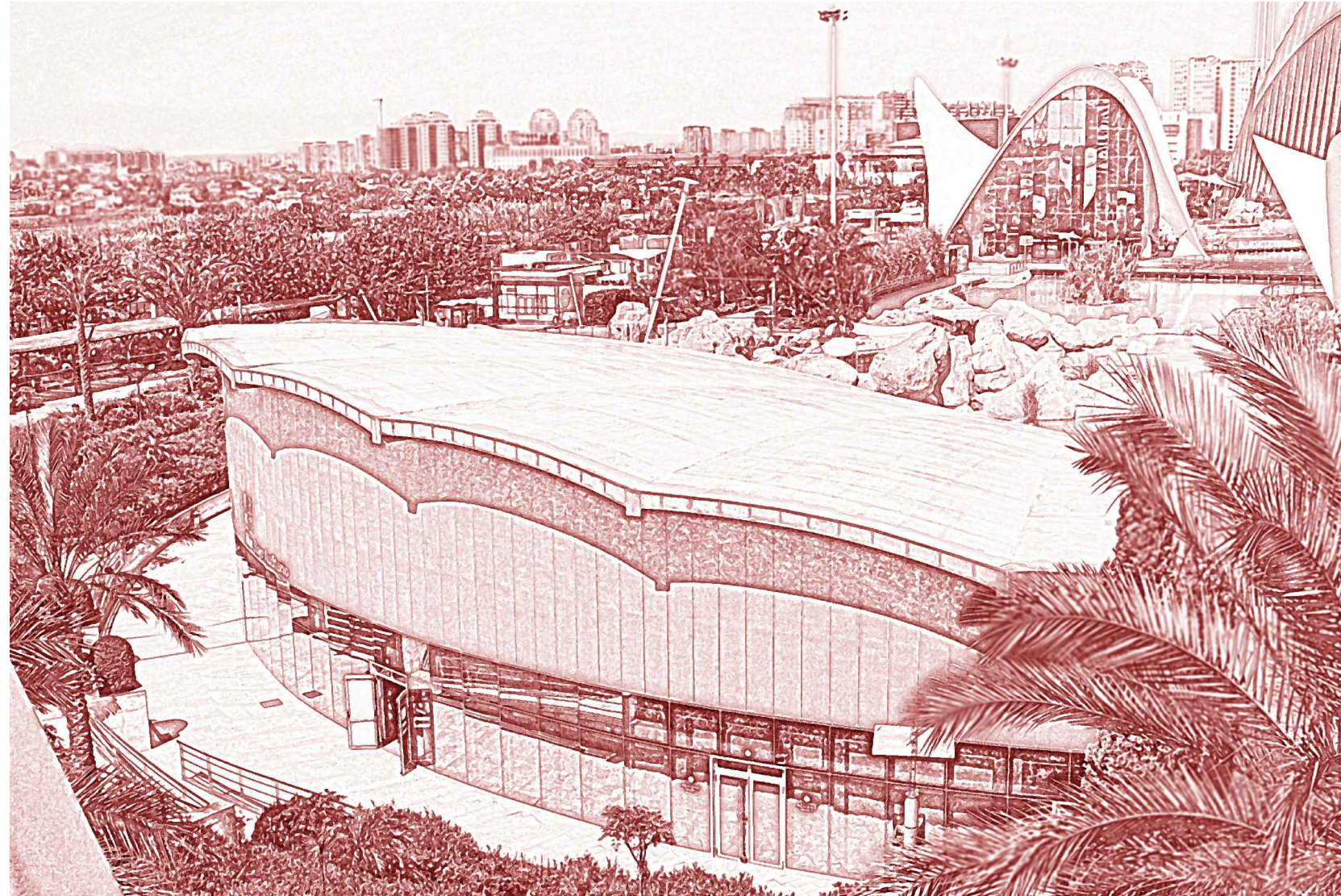
# **Cubierta del auditorio Mar Rojo**

Juan José García Calderón

07 • 2012



## Cubierta del auditorio Mar Rojo



Juan José García Calderón

"El Mar Rojo es un cálido mar de salinidad elevada que se extiende a lo largo más de 2000 km. con una extensión total de 438.000 km<sup>2</sup>. Su profundidad máxima es cercana a los 3.000 m. Este es un mar en expansión, que nace entre Africa y Arabia aumentando de año en año el distanciamiento entre ambas masas continentales. La evaporación en este mar es un fenómeno que produce considerables efectos. La salinidad se acerca al 40‰ debido a lo cerrado de sus fronteras y conexiones con otros mares, además de la alta irradiación solar de estas latitudes. El Mar Rojo cuenta con algunos de los arrecifes más densos y bellos del planeta. De las cerca de 1.000 especies de peces que pueblan sus aguas, aproximadamente un 15% son endémicas, por lo que tan solo pueden encontrarse en esta región del planeta. El aislamiento de este mar ha actuado sin duda como un laboratorio de especiación. Hay abundancia de corales duros en forma de arrecife costero y barrera, siendo característicos los extraplomos de paredes de coral desde la superficie hasta grandes profundidades."

---

# Índice

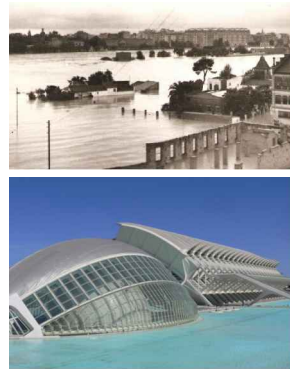
1. Superficie	4
2. Documentación de la superficie	6
3. Análisis arquitectónico	13
4. Análisis geométrico	17
5. Análisis estructural	23
6. Análisis constructivo	30
7. Anexos	47

**1 Superficie**

# 1 Superficie

## Introducción

Tras el desbordamiento del río Túria en 1957 en Valencia, el cauce se desvió bordeando el sur de la ciudad, según el Plan Sur. De esta forma, el antiguo cauce quedó a merced de un nuevo uso. Tras varios proyectos y años de trabajo, el cauce presenta el aspecto que podemos observar hoy en día, dividiéndose en tramos. En unos de estos tramos, concretamente el 16, 17 y 18, están situados la Ciudad de las Artes y las Ciencias y el Parque Oceanográfico Universal. Este último, es el acuario más grande de Europa y cuenta, al igual que su vecina, la Ciudad de las Artes y las Ciencias, con edificios singulares.

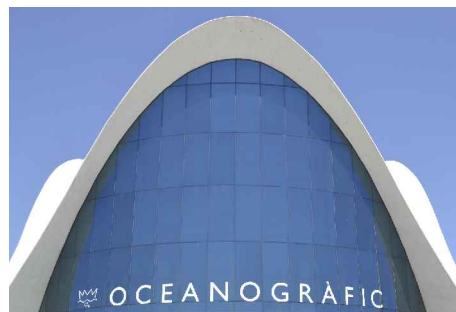


Izquierda, arriba: (Figura 1.1) Riada de Valencia, 1957  
Izquierda abajo: (Figura 1.2) Ciudad de las Artes y las Ciencias  
Derecha: (Figura 1.3) Vista aérea Ciudad de las aa. y las cc. y Oceanográfico



## Parque Oceanográfico Universal

El Parque Oceanográfico Universal de Valencia conserva en su interior los ecosistemas marinos más representativos de La Tierra. Cada uno de estos está ubicado en un edificio o recinto óptimamente acondicionado para lograr conseguir en su interior la climatología local del territorio a exponer al público. De esta forma podemos observar en el complejo los siguientes ecosistemas: Mediterráneo, Humedales, Mares Templados y Tropicales, Océanos, Antártico, Ártico, Islas y Mar Rojo, además del Delfinario. Como edificios destinados en su interior al aprovechamiento del complejo encontramos el edificio de Acceso y el Restaurante, ambos con singulares cubiertas geométricas diseñadas por el arquitecto Félix Candela; y el auditorio Mar Rojo.



(Figura 1.4) Edificio Acceso



(Figura 1.5) Vista aérea Parque Oceanográfico

## Auditorio Mar Rojo

El auditorio es una sala ideada para la proyección de películas y documentales que podrá ser además empleada como sala de conciertos, actos públicos, conferencias, etc. contando para ello con un diseño de comunicación bidireccional, permitiendo a los ponentes e incluso a los buzos que se encuentren en el acuario dialogar con cualquier miembro del público, optando a disfrutar de la traducción simultánea.

Las gradas de la sala cuenta con un aforo de 477 personas y 20 plazas para minusválidos. Los ponentes o conferenciantes disponen de un escenario de 110 m<sup>2</sup> (11 m de largo por 5 de ancho).

La particularidad de auditorio reside en la pantalla de acrílico de 15 metros de longitud, a modo de telón de fondo, cubriendo la totalidad del fondo del escenario, dotando a todo el conjunto de una originalidad sin precedentes, ya que tras este acrílico transparente de 30 cm de grosor se puede observar el ecosistema del Mar Rojo desde sus profundidades, en el cual, si el acto celebrado lo permite, se contará con uno o varios buzos con los que podremos interactuar gracias al mencionado sistema de comunicación bidireccional.

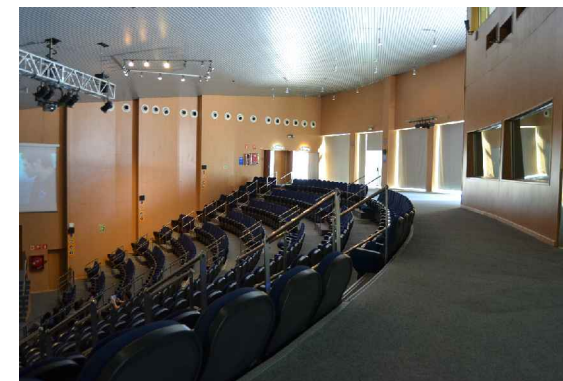
El auditorio Mar Rojo del Oceanográfico de Valencia es un edificio parcialmente enterrado que posee una peculiar cubierta, la cual a partir de formas geométricas simples, consigue obtener una figura orgánica que recuerda a la concha de un bivalvo, concretamente la concha del peregrino o vieira. Con esta cubierta el singular edificio se integra y encaja a la perfección en un entorno recreador de la vida marina y sus diversos ecosistemas.



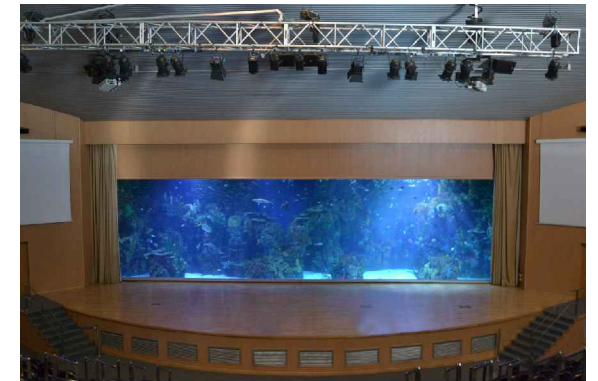
(Figura 1.6) Vista general



(Figura 1.7) Acceso



(Figura 1.8) Graderío



(Figura 1.9) Escenario

# 2 Documentación de la superficie



# 2 Documentación de la superficie

## Ficha técnica

### Agentes de la edificación

Promotor: Generalitat Valenciana  
Gestión de proyecto y obra: C.A.C.S.A.  
Asistencia técnica de obra civil: Carlos Fernández Casado, S. A.  
Asistencia técnica de instalaciones: Aguas de Valencia, S.A.  
Proyecto y dirección de obra: CIVIS Project Management, PLC  
Empresa constructora: UTE Parque Oceanográfico (FCC-ACS-SEDESA)

### Equipo humano encargado de la ejecución del Parque Oceanográfico Universal

CIVIS PROJECT MANAGEMENT:

Mariano García Campos - **Presidente**

Juan Carlos Aparicio - **Director General**

Eduardo de la Torre - **Arquitecto, Director de obra**

Ricardo Urech - **Arquitecto, Director de obra**

José Pastor - **Aparejador**

María Giner - **Arquitecta**

Francisco Astorga - **Arquitecto**

Joaquín Sotos - **Ingeniero Técnico Agrónomo**

Julio José Calzada - **Ingeniero Técnico Forestal**

Lucas Sotos - **Ingeniero Naval, Director de Obra**

Carlos Errando - **Ingeniero Industrial**

### Presupuesto

El auditorio se presupuestó en un total de 681.090,04 €, de los cuales 38.215,79 € fueron destinados a la construcción de la cubierta.

### Empresas subcontratistas e industriales

Obras Civiles Túria  
Construcciones Alva, S.A.  
Katorce  
Construcciones Futurment  
Servicios y Procesos Ambientales  
Moncobra  
Hierros Túria  
Hormigones Proyectados  
Internacional Tecair  
Rochina  
Excavaciones Mineras y Obras, S.A  
Comercial Marítima L & S.L.

### Suministros

Ferretería La Estrella  
Hormicemex  
Valenciana de Cementos  
Prefabricados Algimia  
Encofrados Peri,S.A.  
Agrupaciones Maderas  
Maderas Frutos-Relaño, S.A.  
Cementos La Unión  
Suministros Avilés

### Entrevista con Javier Álvarez (Biólogo de CIVIS Project Management):

El proyecto básico del Parque Oceanográfico Universal fue desarrollado por el grupo Civis Project Management. Mariano García Campos, presidente de esta empresa, fue el promotor e impulsor de la idea, pudiendo llevarla a cabo gracias a sus contactos políticos. Para ello se puso en contacto, entre otras, con cuatro personas trascendentales: José María Tomás Llavador, un reconocido arquitecto; Jordi Ballester, pintor y decorador; Javier Álvarez, biólogo; y Pablo Renau (hijo de Josep Renau: muralista y fotomontador). Mediante Pablo Renau, Mariano García Campos consiguió ponerse en contacto con Félix Candela, amigo de Josep Renau, para que diseñase algún edificio para el parque y además dotase al proyecto del Oceanográfico de un gran prestigio al figurar sus diseños en él. Desgraciadamente, Félix Candela falleció apenas habiendo realizado unos bocetos de un par de edificios, los actuales Edificio de Acceso y el Restaurante.

Javier Álvarez comenzó a distribuir los diferentes ecosistemas dentro del recinto de forma muy esquemática y le transmitía a Jordi Ballester sus ideas aproximadas de como quería que fuesen los distintos entornos de estos ecosistemas, con lo que Ballester plasmaba estas ideas en pinturas, a partir de las cuales el grupo de Tomás Llavador se encargaba de que esas ideas bocetadas y pintadas fuesen factibles constructivamente.

Tomás Llavador y Mariano García Campos comenzaron a tener distintos intereses en el proyecto, por lo que Tomás Llavador decide desvincularse del proyecto. Mariano García busca a dos nuevos ingenieros entre los cuales está Esteban López, que junto a Javier Álvarez y el resto del equipo comienzan a definir y matizar la forma final del parque hasta casi su finalización, ya que Esteban López también se desvincula del proyecto dejando lugar a Ricardo Urech, Eduardo De La Torre y Lucas Soto.

Esteban López siente especial orgullo por uno de los edificios ubicados en el parque, el Auditorio Mar Rojo, en el que con un presupuesto reducido comparado con otras muchas obras del Parque Oceanográfico y de la Ciudad de las Artes y las Ciencias, es uno de los edificios más funcionales, y mejores equipados del parque.

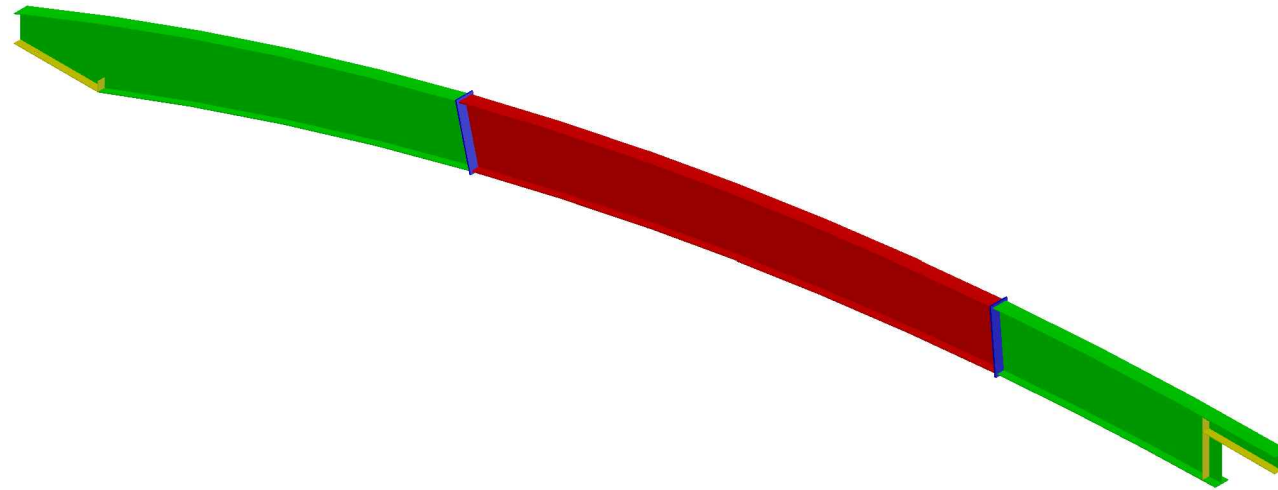
Este edificio, como el resto de los del parque, fue realizándose, resolviéndose y detallándose a medida que el mismo proyecto se ejecutaba. Y su cubierta no fue una excepción: su diseño surgió en una reunión, argumentando que la forma de concha se integra perfectamente con la decoración del complejo, y con su característica forma permite exentar el auditorio de pilares, encajando perfectamente con la forma del edificio.

# Componentes de la cubierta

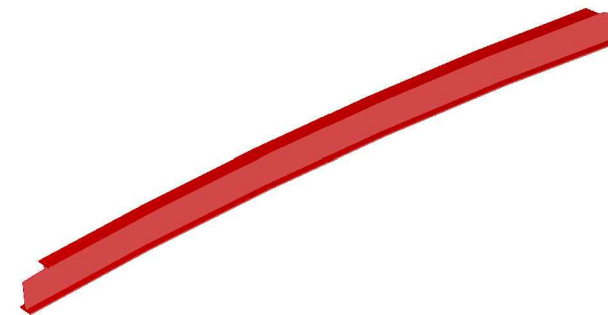
La cubierta del auditorio Mar Rojo del Oceanográfico de Valencia, proyecto de estudio, está compuesta por una estructura metálica apoyada sobre un muro de hormigón armado en su parte trasera y sobre los pilares de un pórtico, que describe un arco en la parte frontal del edificio. Sobre esta estructura metálica descansa un forjado colaborante.

## Componentes de la estructura metálica:

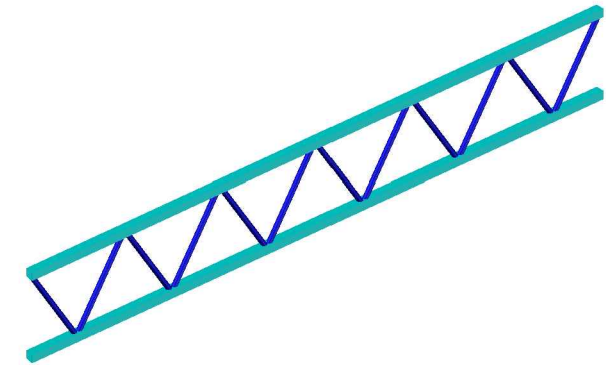
1. Viga:



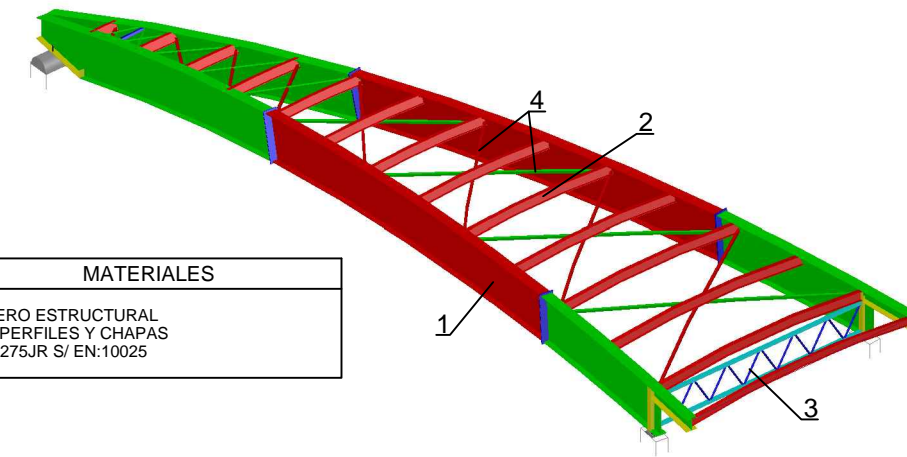
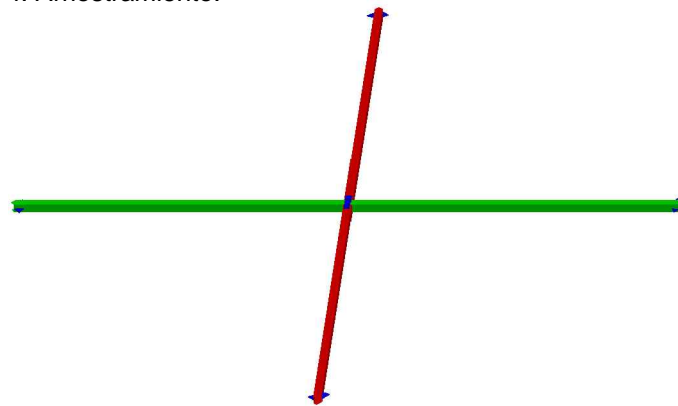
2. Correa:



3. Cercha:



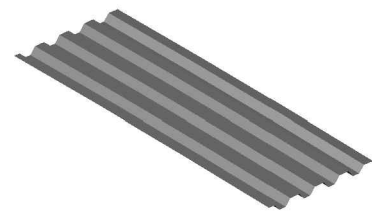
4. Arriostramiento:



MATERIALES
ACERO ESTRUCTURAL EN PERFILES Y CHAPAS - S-275JR S/ EN:10025

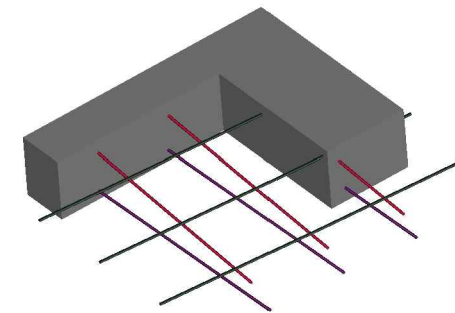
## Componentes del forjado colaborante:

Chapa grecada:



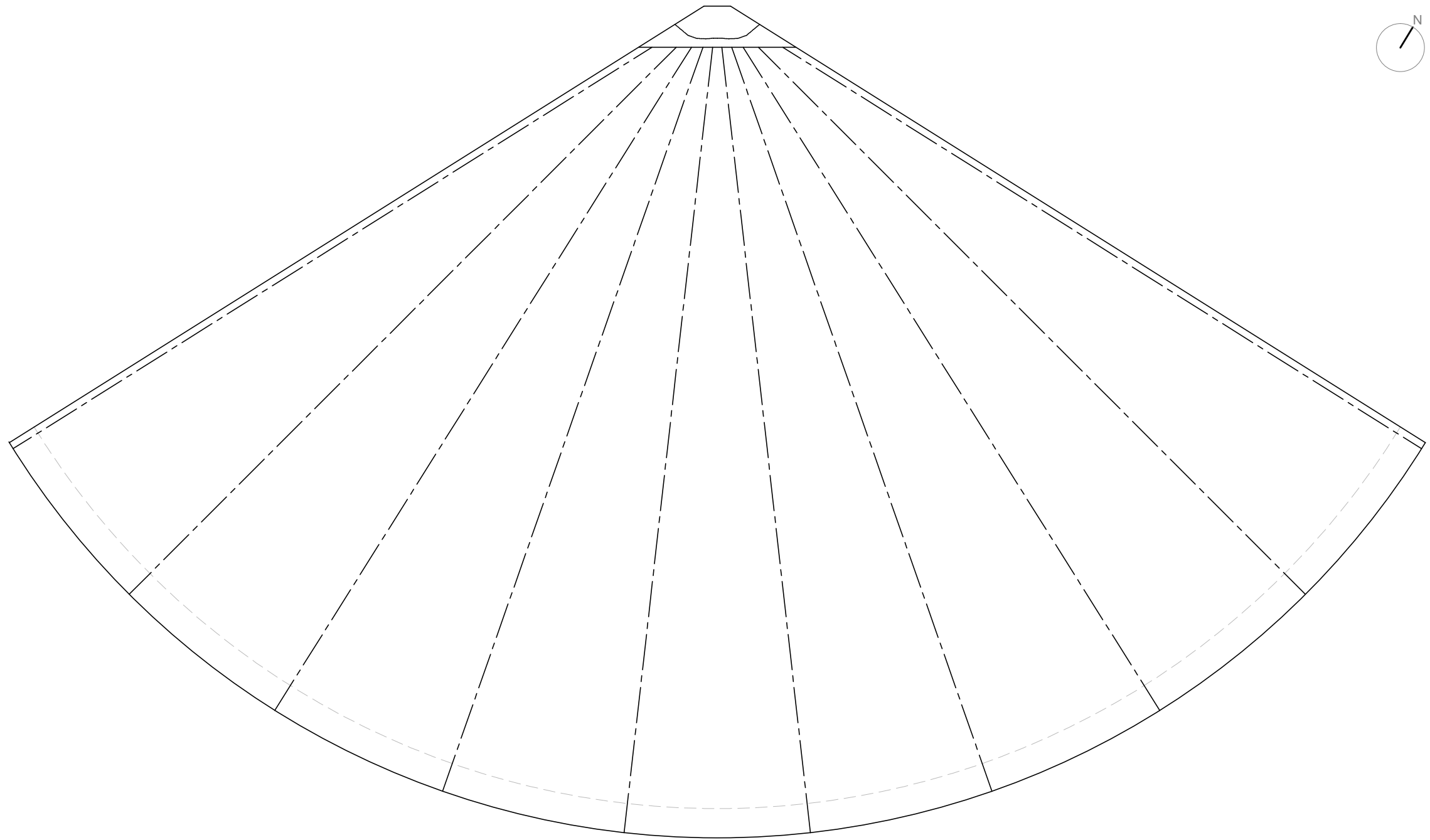
CHAPA GRECADA PARA ENCOFRADO DE LOSA
-HAIRCOL 59 e=1mm. Límite elástico > 320 N/mm <sup>2</sup> Resistencia a tracción > 355 N/mm <sup>2</sup> Galvanizado en caliente Según UNE 36137.87 : Z-275
-Fijación con tornillo autorrosacante 6,30mm. en cada onda o cada 200mm. sobre estructura
-En solape entre chapas tornillo autotaladrante 4,80mm. cada 250mm.

Hormigón armado:

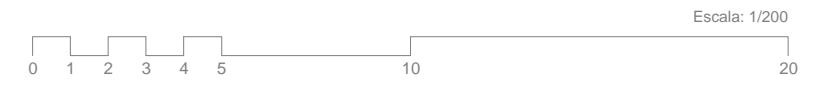


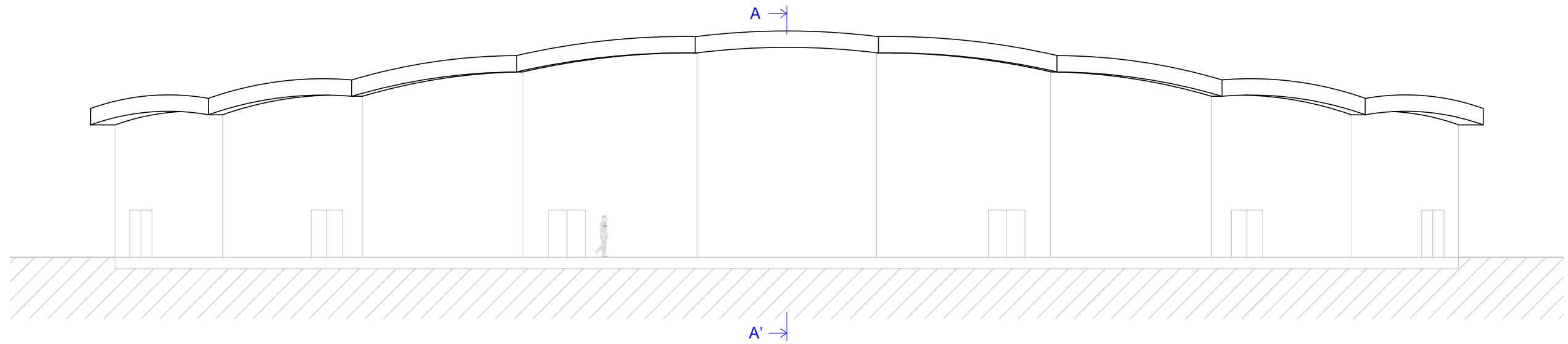
MATERIALES
ACERO EN ARMADURAS - B-500 S
HORMIGÓN EN LOSA - C25

# Planos

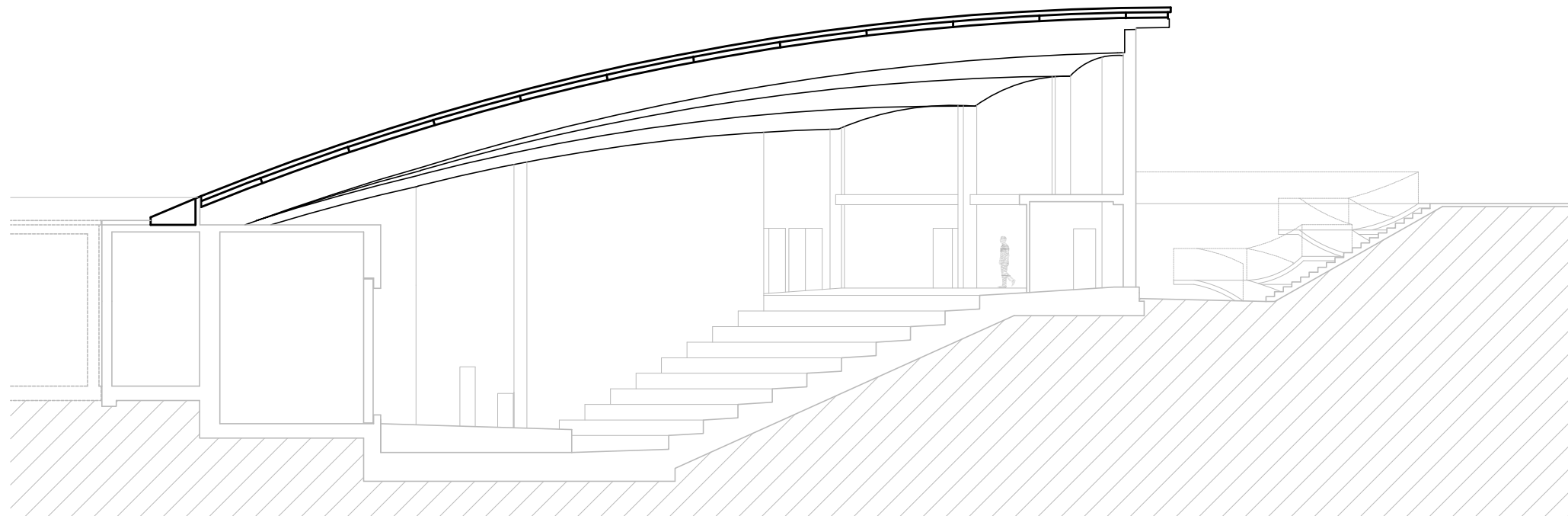


Planta





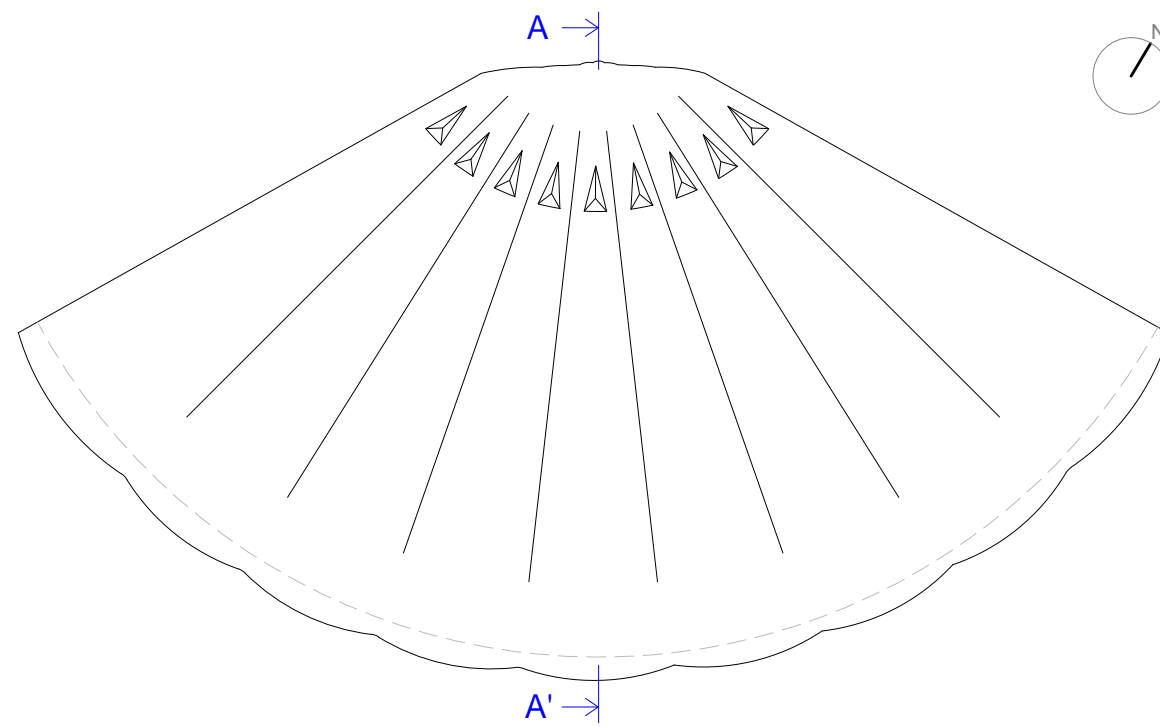
Alzado



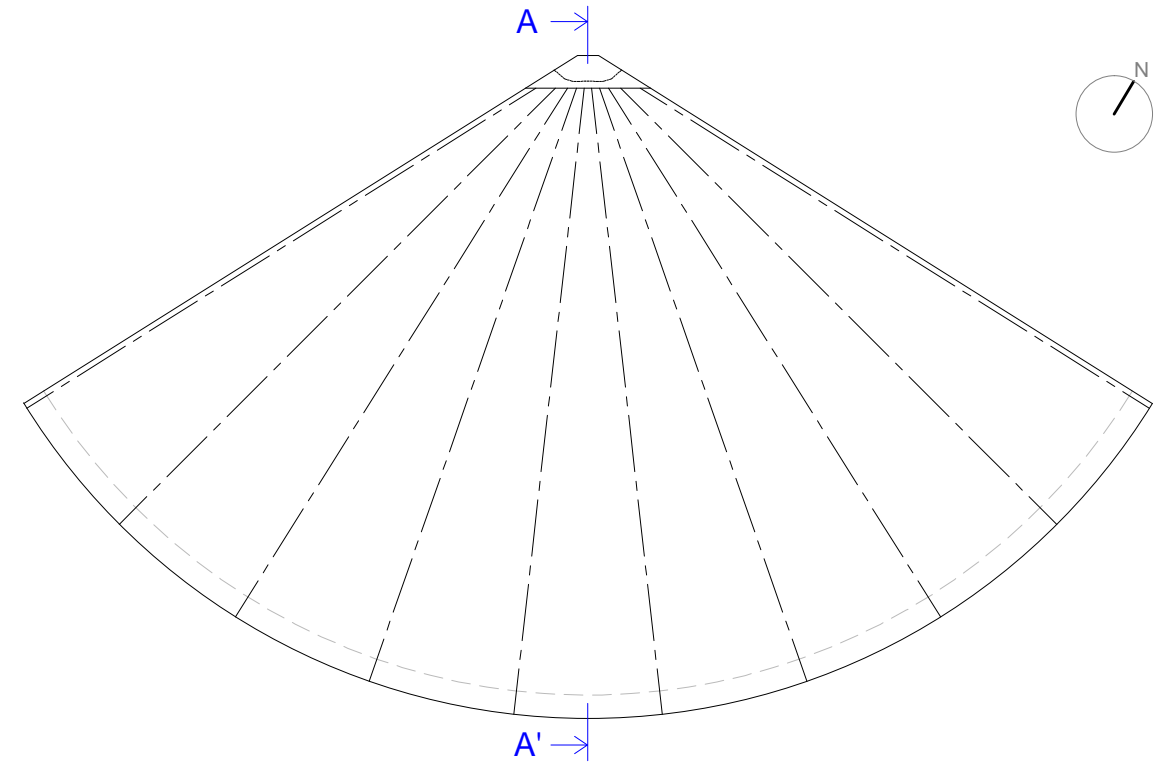
Sección A-A'



# Evolución del proyecto

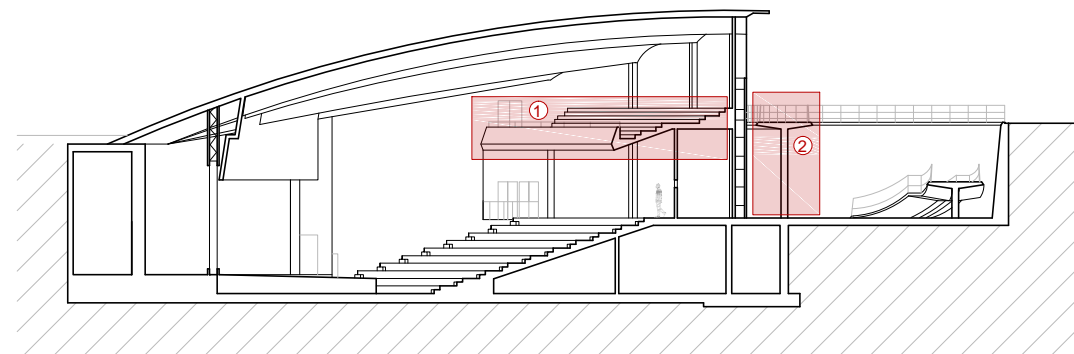


Planta del Proyecto Básico

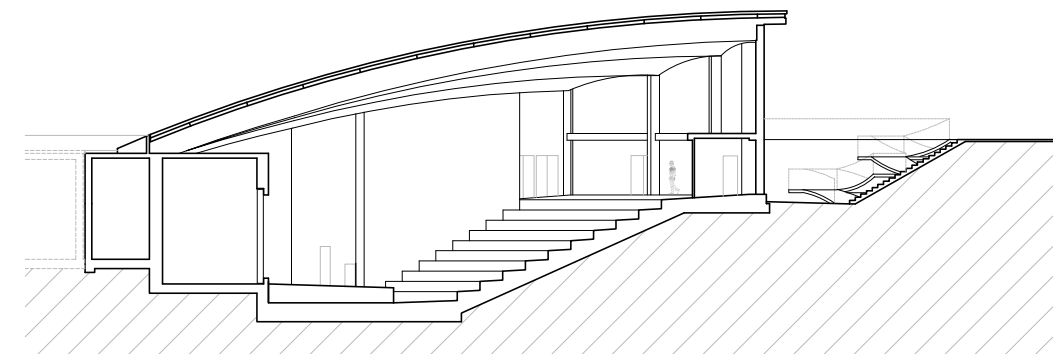


Planta definitiva

La cubierta inicialmente iba a estar formada por vigas y viguetas de hormigón armado, bardos y una cobertura realizada con tejas de hormigón. Finalmente se resolvió con una estructura metálica afín a la de hormigón, finalizada con una cobertura formada por chapa grecada y hormigón (forjado colaborante). Además su forma también cambió como se puede observar en los planos superiores.

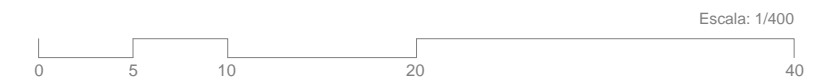


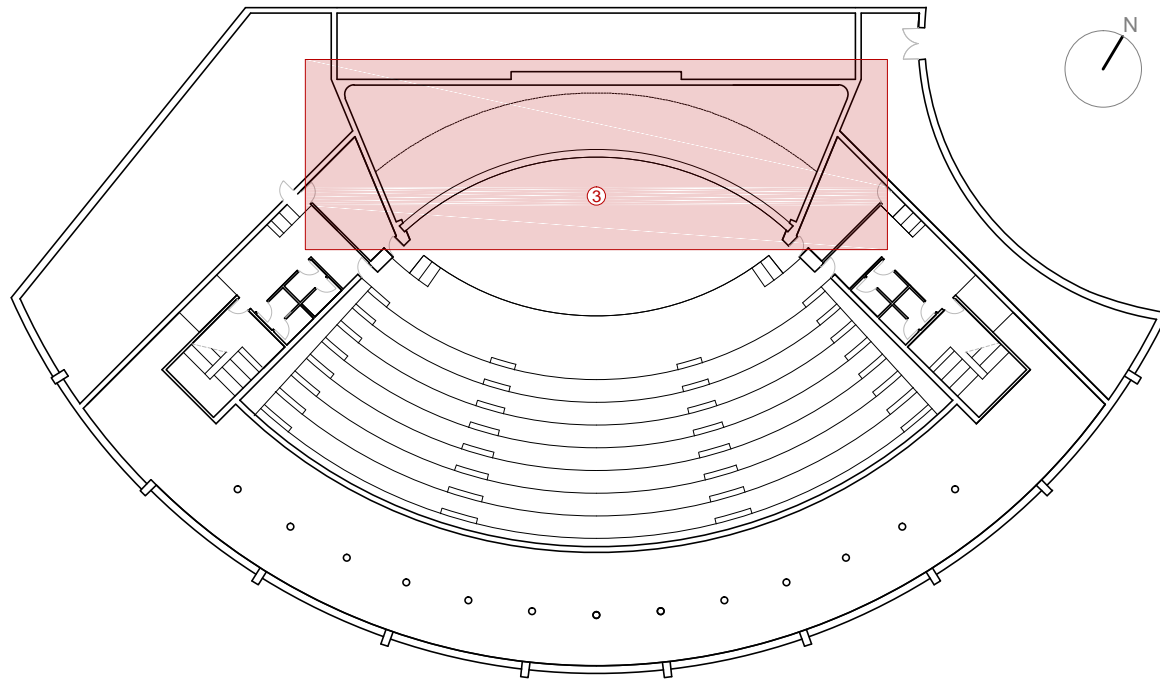
Sección A-A' del Proyecto Básico



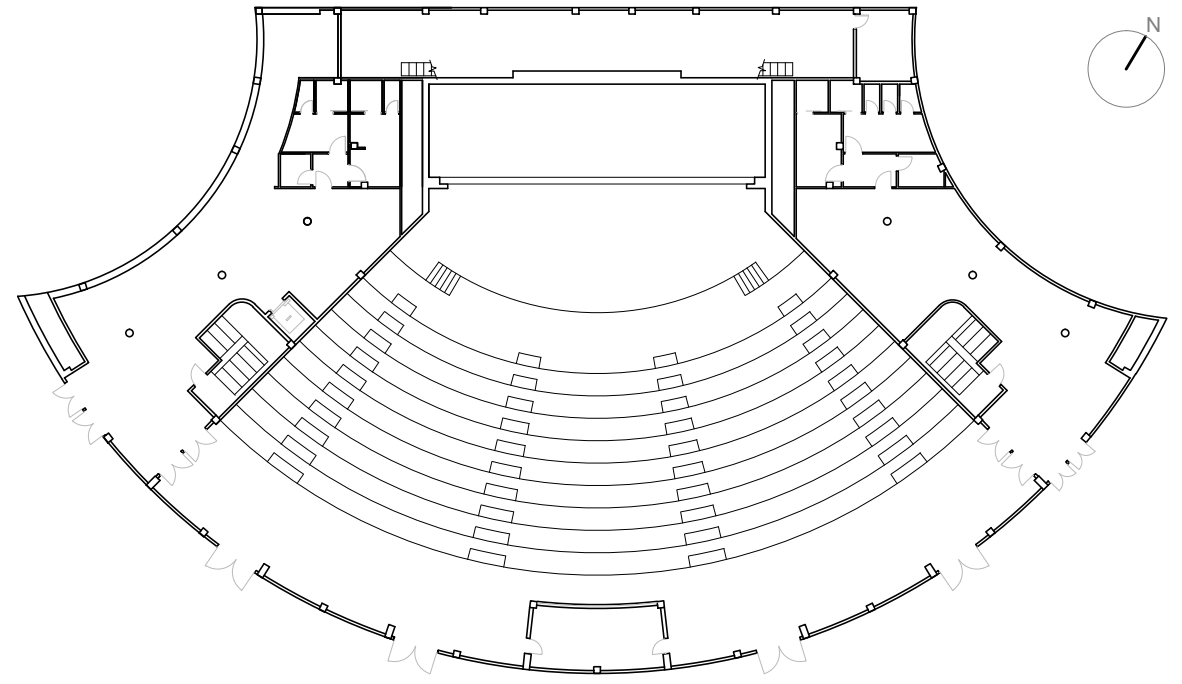
Sección A-A' definitiva

El auditorio contaba con un anfiteatro (1), con el cual el aforo del edificio era de unas 600 personas aproximadamente. Éste decidió suprimirse al considerarse que debido al uso del edificio le era suficiente una capacidad de unas 400 personas, además de que el público situado en el anfiteatro estaría demasiado lejos del acuario. Al eliminar el anfiteatro, carecía de sentido la pasarela (2) proyectada que daba acceso directo al mismo, dejando únicamente los accesos de la planta correspondiente a las gradas.

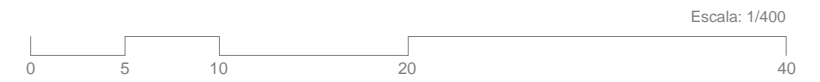




Planta de distribución del Proyecto Básico



Planta de distribución definitiva



En el proyecto inicial el acuario situado tras el escenario iba a tener una forma curva (3), lo que ocupaba demasiado espacio en la parte posterior del edificio. Finalmente se decidió realizar un acuario recto, dejando así espacio útil para otros posibles usos. Esto afectó a su vez a la distribución de las zonas laterales, las cuales se reorganizaron.

# 3 Análisis arquitectónico

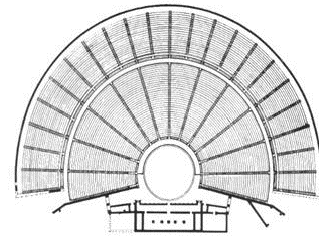
# 3 Análisis arquitectónico

## Antecedentes históricos

### Los teatros griegos

Los griegos no utilizaron dentro de sus sistemas estructurales a la bóveda ni al arco, por lo que todos sus teatros se edificaron en laderas, sin posibilidad de edificarlos en lugares llanos, a diferencia de los teatros romanos. Estas laderas contribuían a que el sonido se propagara de un lugar a otro como puntos de reflexión del sonido.

Los teatros griegos presentaban una forma de arco de circunferencia de 210°, lo cual implicaba que los extremos tuvieran menos visibilidad y cualidades acústicas, ya que era un ángulo demasiado abierto para un escenario no tan extenso. Otra característica de los teatros griegos era la fuerte pendiente de sus gradas, normalmente entre 20° y 34°, lo cual resultaba beneficioso en cuanto a la visibilidad y a los ángulos de incidencia de sonidos directos y reflejados se refiere.

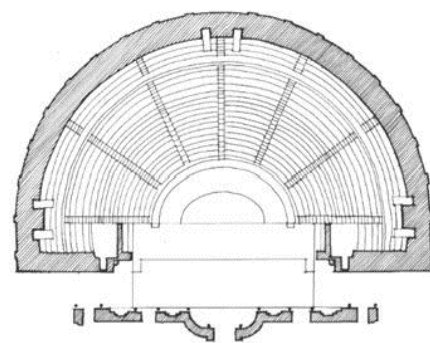


(Figura 3.1) Planta tipo del teatro griego

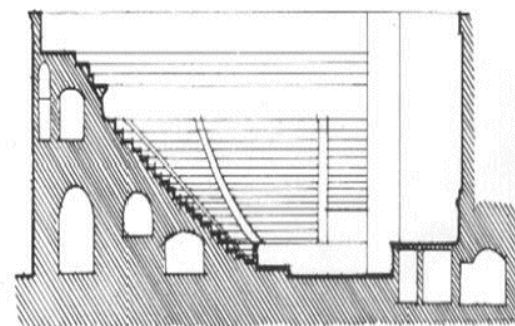
### Los teatros romanos

Los romanos, mediante el uso del arco y gracias a la utilización del hormigón en la construcción de bóvedas, pudieron levantar teatros en terrenos llanos. A parte de esta gran ventaja, los teatros romanos diferían de los griegos en su comportamiento acústico. La única parte del teatro que quedaba al aire libre eran las gradas que presentaban pendientes entre 30° y 34°.

El teatro romano introdujo un factor novedoso ante el modelo griego: el velarium, una lona que protegía a los espectadores del fuerte sol, además de contribuir, en un mínimo porcentaje, al reflejo de las ondas acústicas en el recinto. La forma en abanico de 180° de los teatros facilitaba su audibilidad.



(Figura 3.2) Planta tipo del teatro romano



(Figura 3.3) Sección tipo del teatro romano

### Edad Media

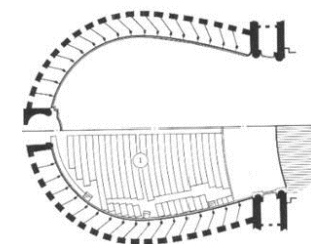
En la Edad Media las catedrales e iglesias tomaron la función de teatro, como punto de encuentro y de difusión de las ideas. Aunque a raíz de la introducción de elementos considerados profanos o irrespetuosos al templo, se buscaron nuevos espacios donde realizar las obras como la plaza, patios, claustros, la calle e incluso cementerios. Así, durante la Edad Media, el teatro físicamente como recinto no existe, sino que se convierte en una representación escénica que se puede realizar en un espacio que pueda contener a un gran número de espectadores, y que permita la presencia de escenografía.

### Renacimiento posterior

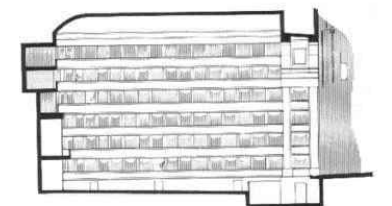
En Italia, el renacimiento significó un regreso a la forma del teatro romano, con similitudes en cuanto a configuración en planta, los motivos clásicos, y el uso de mármol para los acabados. La diferencia más importante fue el cerramiento del auditorio, lo que significó que el sonido fue frecuentemente reflejado en los muros y en la cubierta.

El graderío estaba dispuesto en forma de semicírculo, lo que dificultaba la visibilidad de los espectadores colocados en los extremos. Por este motivo la distribución de los asientos a lo largo del renacimiento fue cambiando a medida que nuevas modas y tendencias eran instauradas, permitiendo que todos los espectadores dispusieran de una buena visibilidad y audición. Pasaron de la forma semi-elíptica a la clásica forma en U, e incluso la forma de ovoide. Se experimentó con muchas otras formas para el mejoramiento acústico.

Con motivo del aumento de afluencia al teatro, éstos trataron de conseguir un mayor aforo, creciendo en altura con la colocación de palcos y balcones, ganando a su vez relevancia arquitectónica ante otros teatros. Sin embargo, alcanzar estas alturas fue perjudicial para la audición, ya que las ondas sonoras tardaban mucho en reflejarse en los techos, produciendo así un molesto eco.

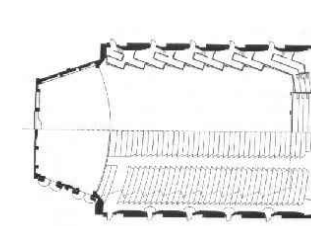


(Figura 3.4) Planta tipo del teatro renacentista



(Figura 3.5) Sección tipo del teatro renacentista

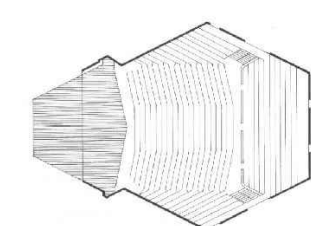
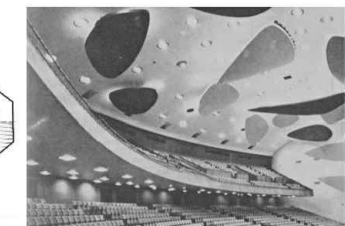
### Las formas más frecuentes de los teatros/auditorios actuales



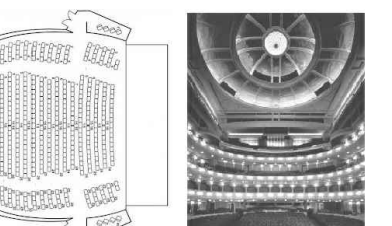
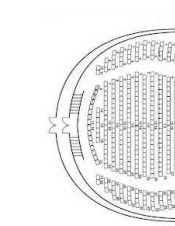
(Figura 3.6) Sala rectangular



(Figura 3.7) Sala abanico



(Figura 3.8) Sala hexágono alargado



(Figura 3.9 y 3.10) Sala herradura



# Superficies semejantes - Referencias



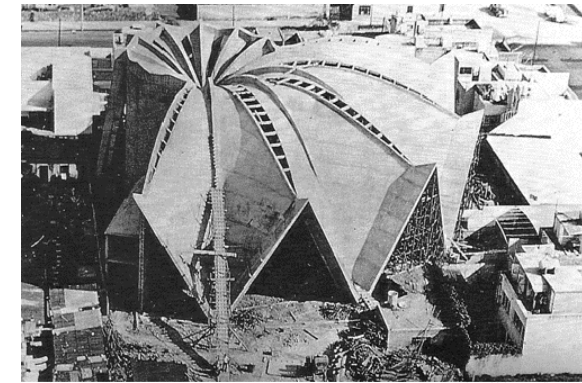
Mercado de Royan, Francia (1955)  
René Sager

(Figura 3.11)



CNIT, París, Francia (1958)  
Emmanuel Pouvreau

(Figura 3.12)



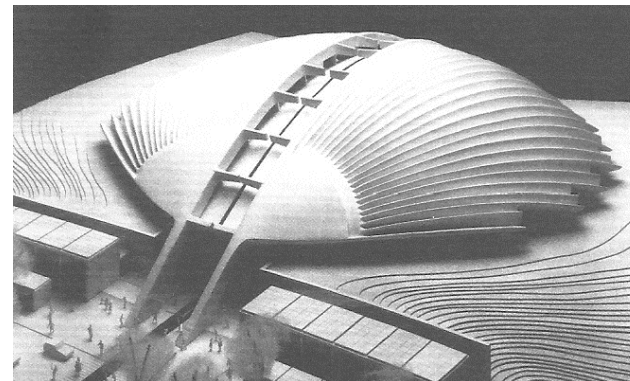
Capilla de Santa Mónica, México (1958)  
Félix Candela

(Figura 3.13)



Gasolinera BP, Deitingen, Suiza (1968)  
Heinz Isler

(Figura 3.14)



Palacio de los deportes, Rávena, Italia (1986)  
Renzo Piano

(Figura 3.15)



Estadio Gottlieb Daimler, Stuttgart, Alemania (1993)  
Asp

(Figura 3.16)



(Figura 3.17)

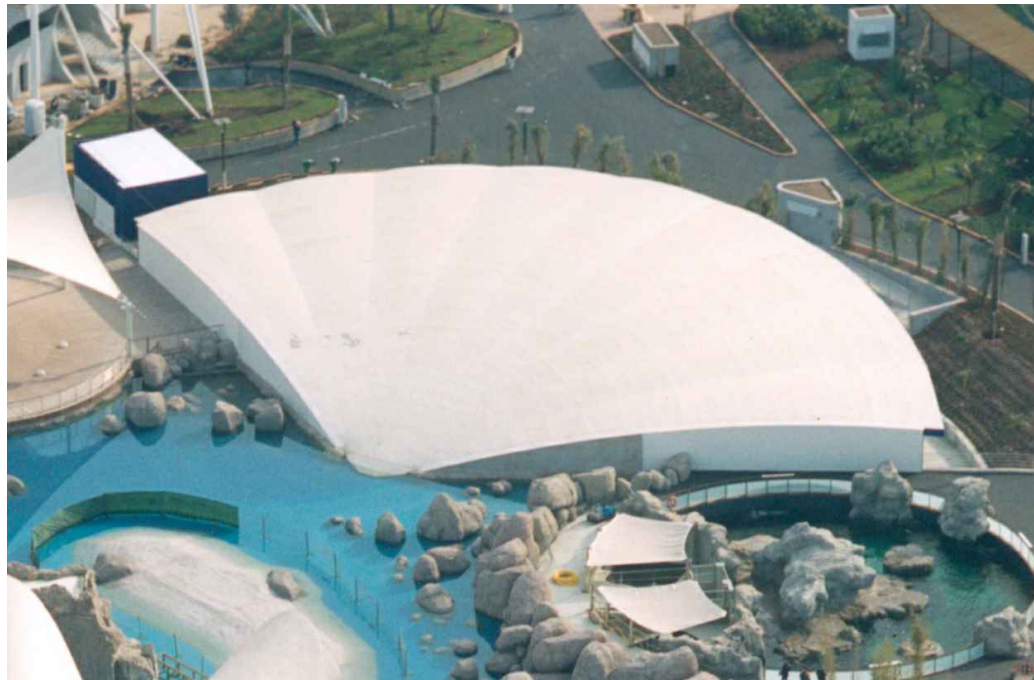


(Figura 3.18)

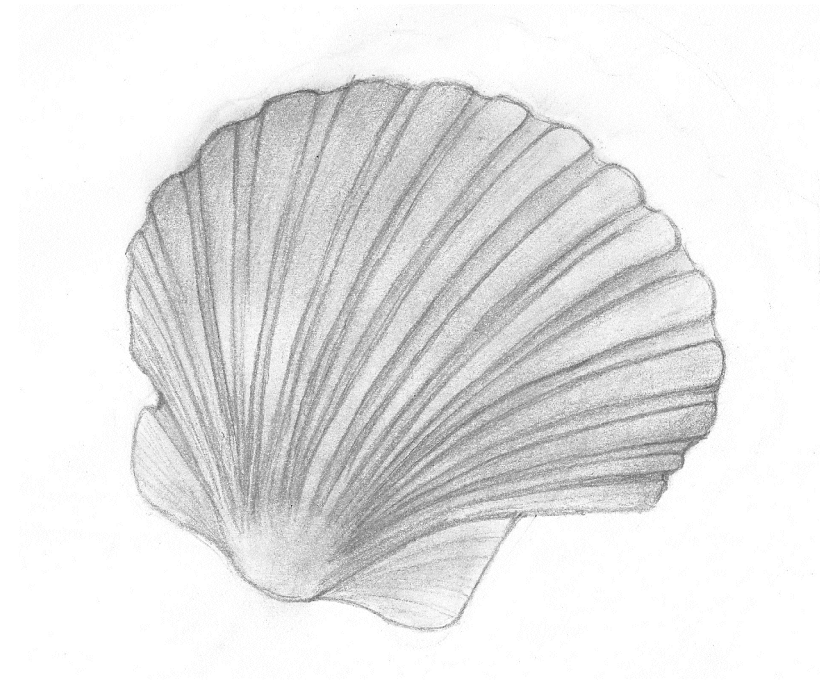
Rix Centre, Bamfiel, Canadá (2004)  
de Hoog & Kierulf

# Inspiración

La cubierta del auditorio Mar Rojo está inspirada en la concha del peregrino o vieira, integrándose idóneamente con el entorno y la temática representada en el parque. La forma en planta de esta concha se ajusta perfectamente a la forma del edificio, adaptándose a la sala en forma de abanico del auditorio. Además su forma convexa favorece la acústica de la sala, permitiendo la correcta colocación del falso techo para evitar reflexiones indeseadas de las ondas sonoras.



(Figura 3.19) Vista aérea de la cubierta

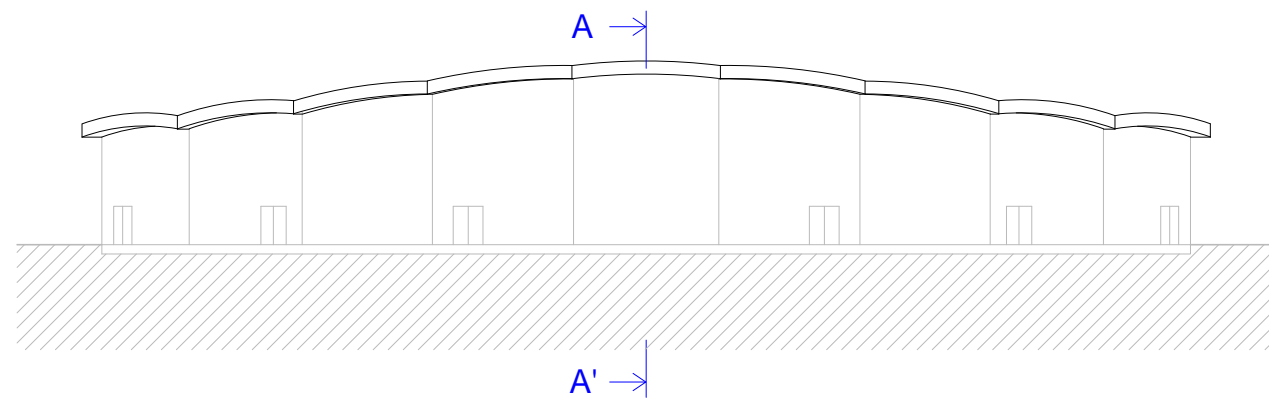


(Figura 3.20) Concha del peregrino o vieira

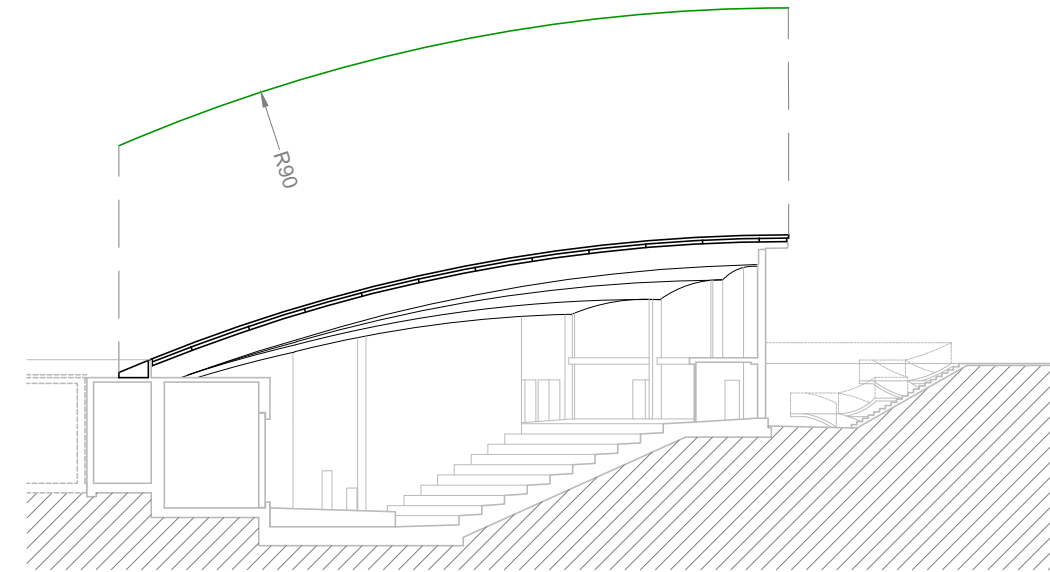
# 4 Análisis geométrico

# 4 Análisis geométrico

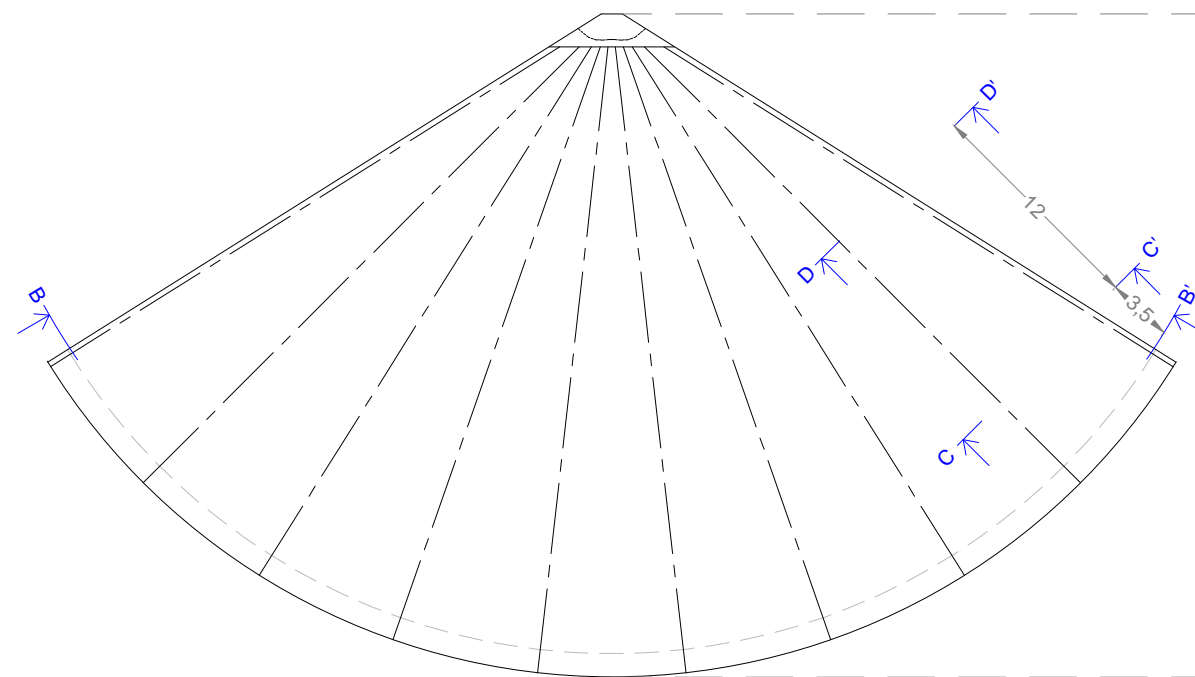
## Trazados geométricos



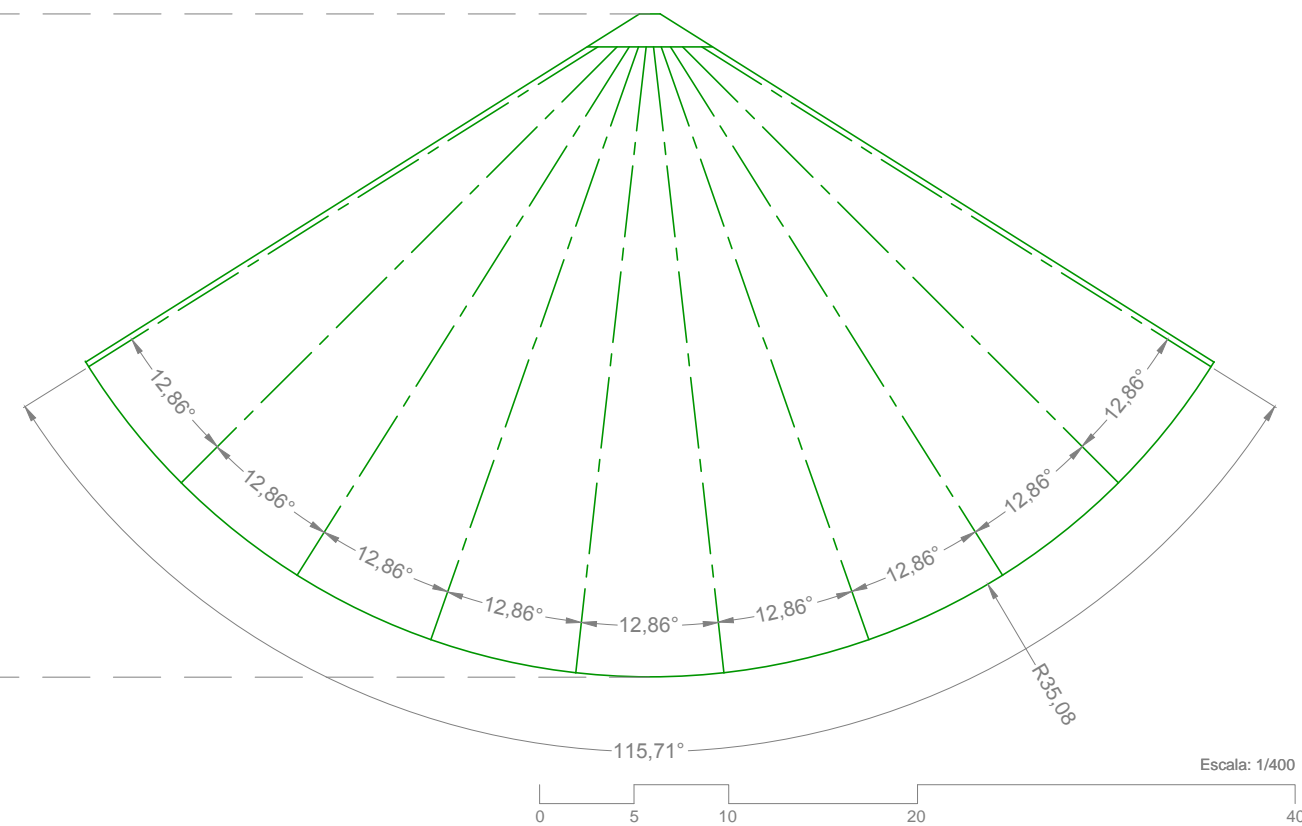
Alzado

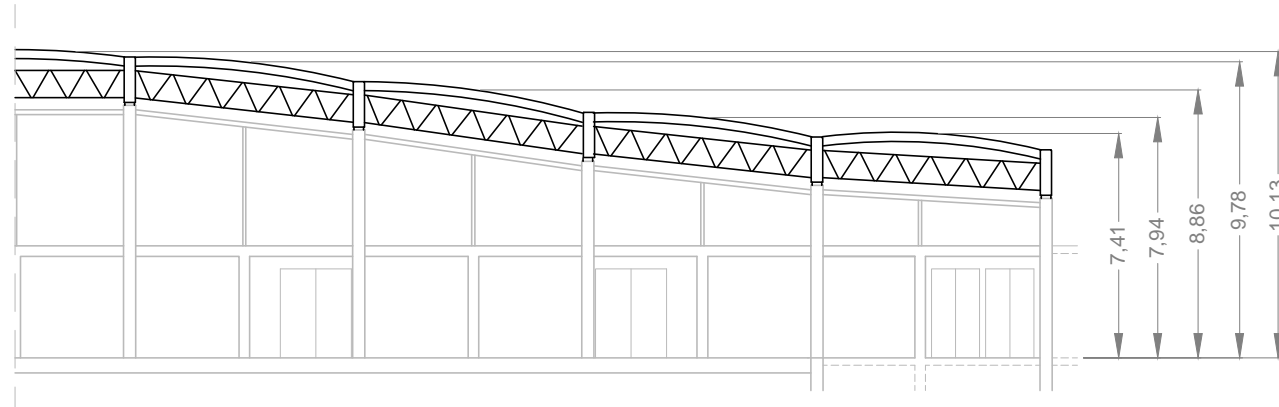


Sección A-A'

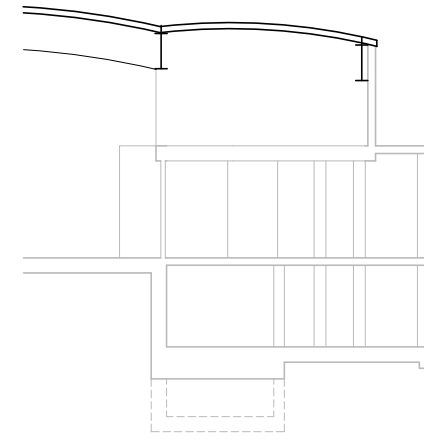


Planta

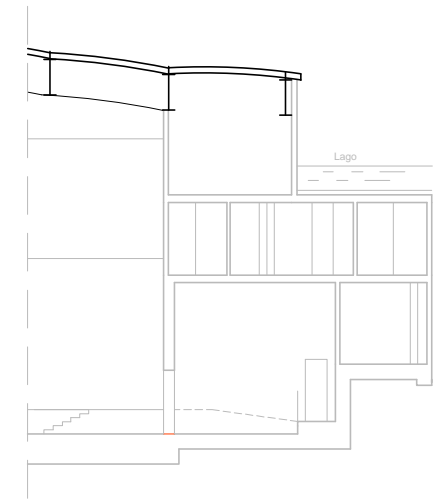




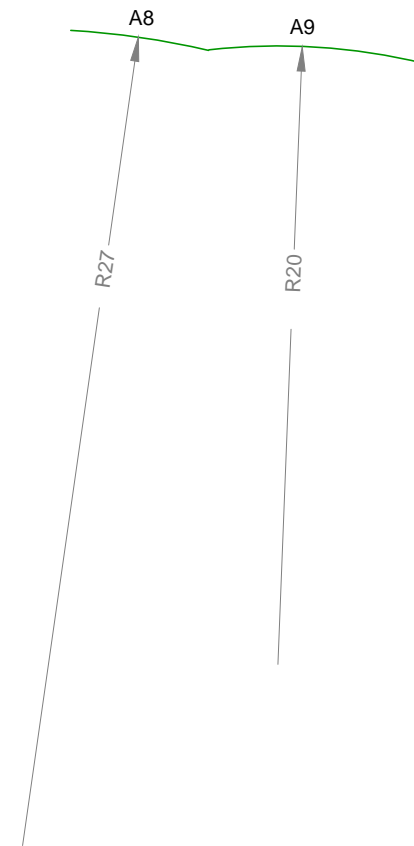
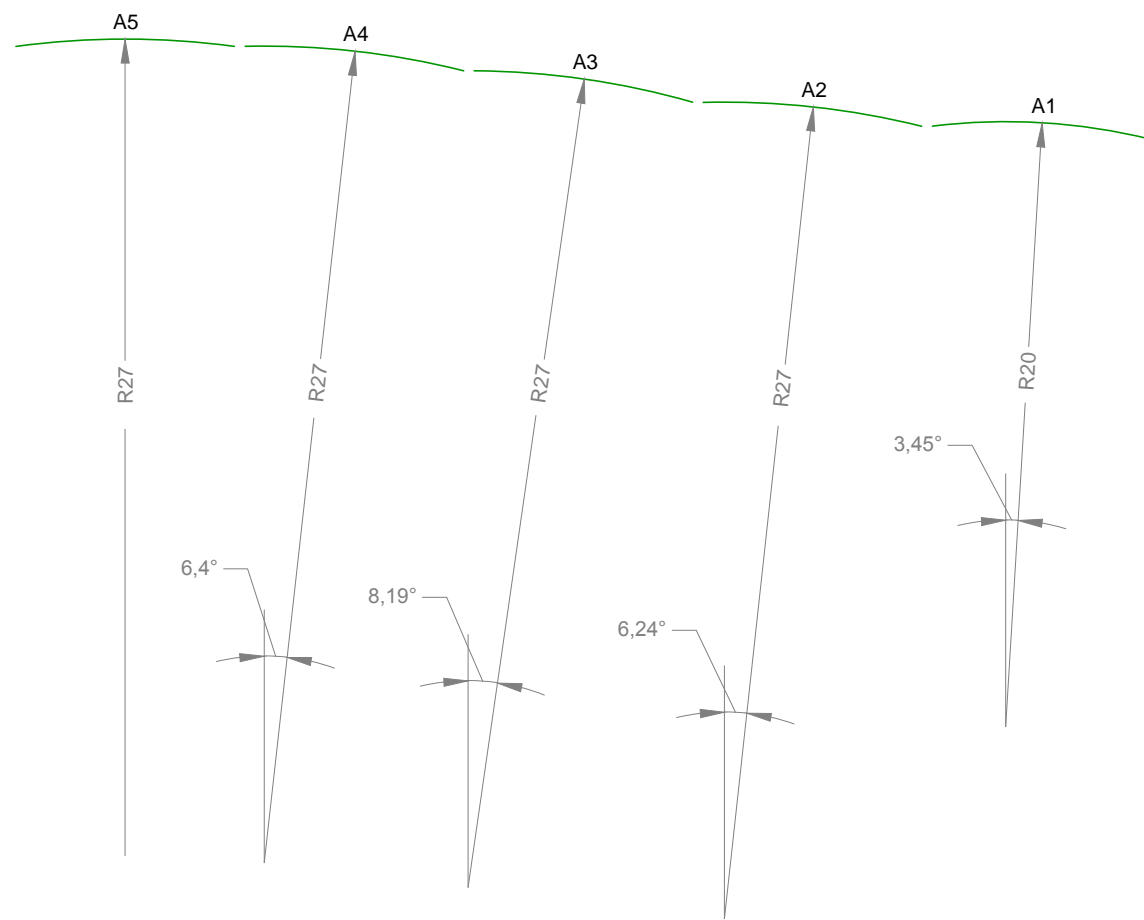
Semi-sección B-B' en desarrollo



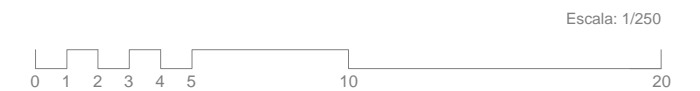
Sección C-C'



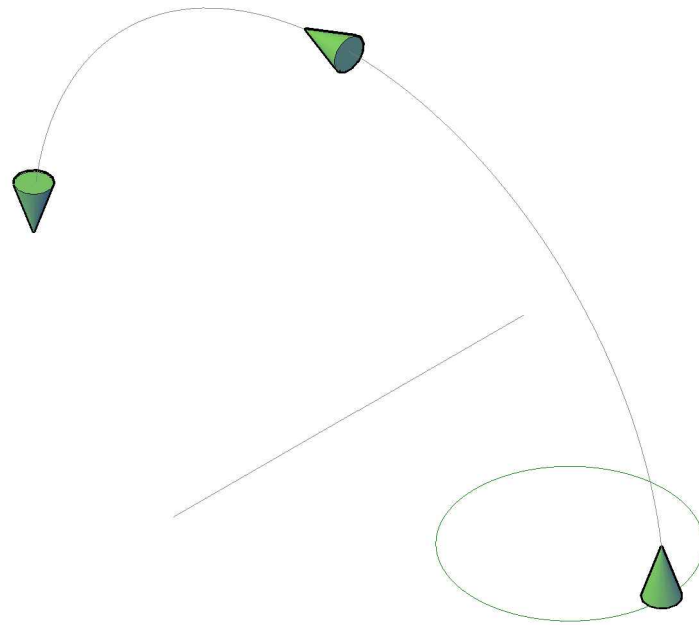
Sección D-D'



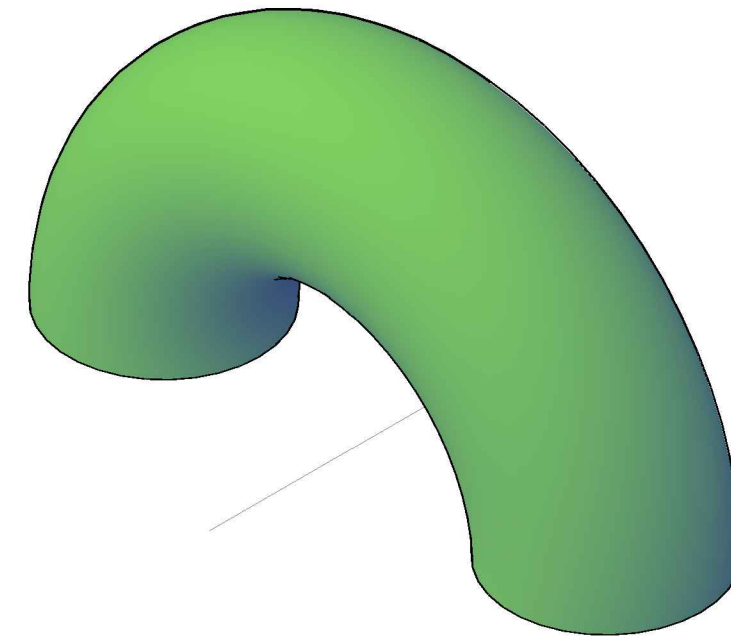
Mientras los arcos extremos A1 y A1' tienen un radio de 20 metros, el resto de arcos (A2, A3, A4, A5, A4', A3' y A2') radian 27 metros de longitud, manteniendo todos ellos el radio constante hasta la parte posterior del edificio.



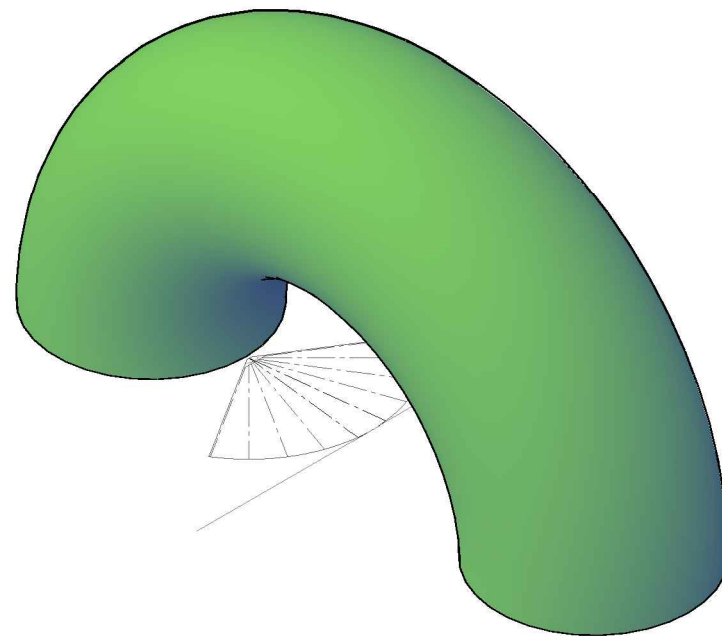
# Formación de superficies



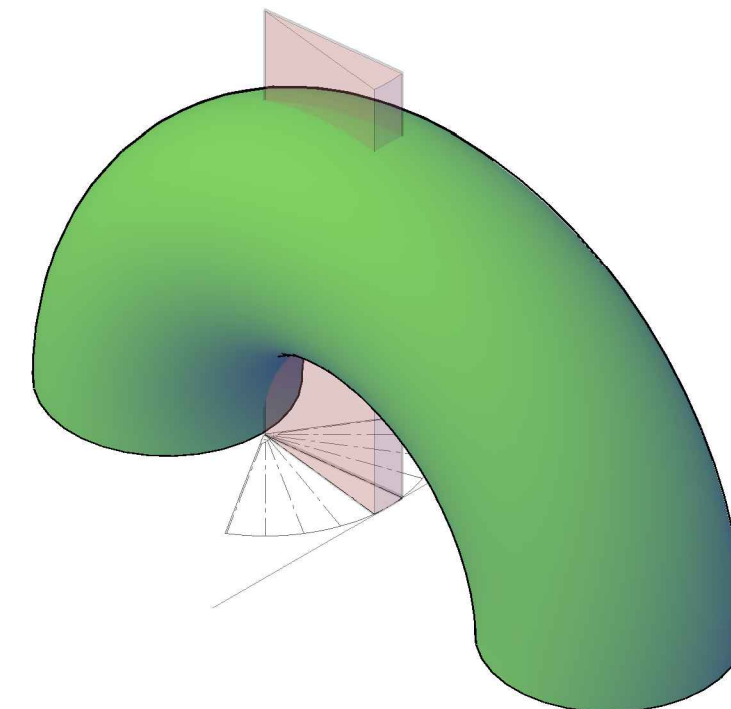
La revolución de una circunferencia sobre un eje coplanar y externo a ésta genera el volumen conocido como toroide. Para nuestra superficie se revoluciona una circunferencia de 27 metros de radio y otra de 20 sobre el eje  $180^\circ$ , obteniendo un semitoroide.



Semitoroide: volumen resultante de la revolución de la circunferencia alrededor de un eje coplanar y no secante a la circunferencia  $180^\circ$ .

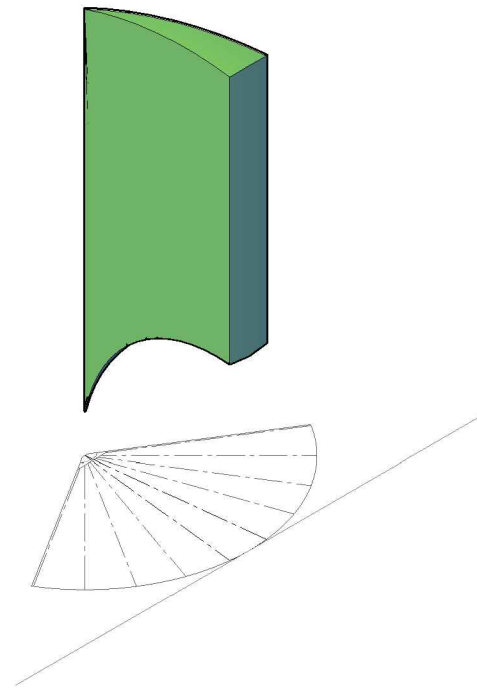


Se proyecta cada una de las ondulaciones de la cubierta, que se colocarán tangencialmente y con el eje de simetría de la ondulación perpendicular al eje de revolución del toroide.

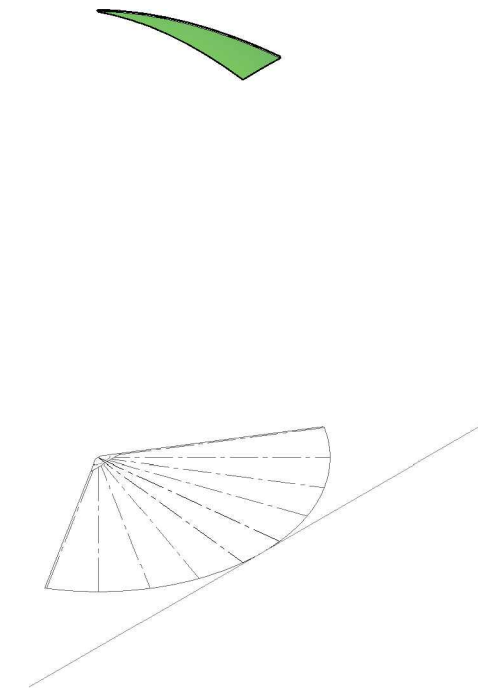


Así se generan los dos volúmenes que se intersectan.

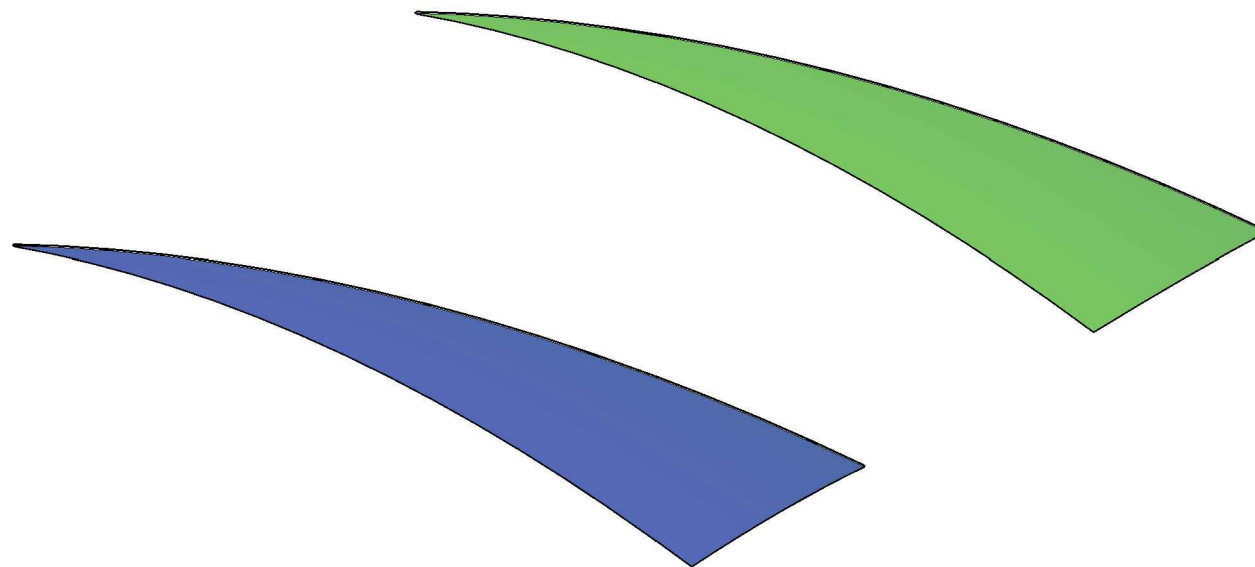
# Formación de superficies



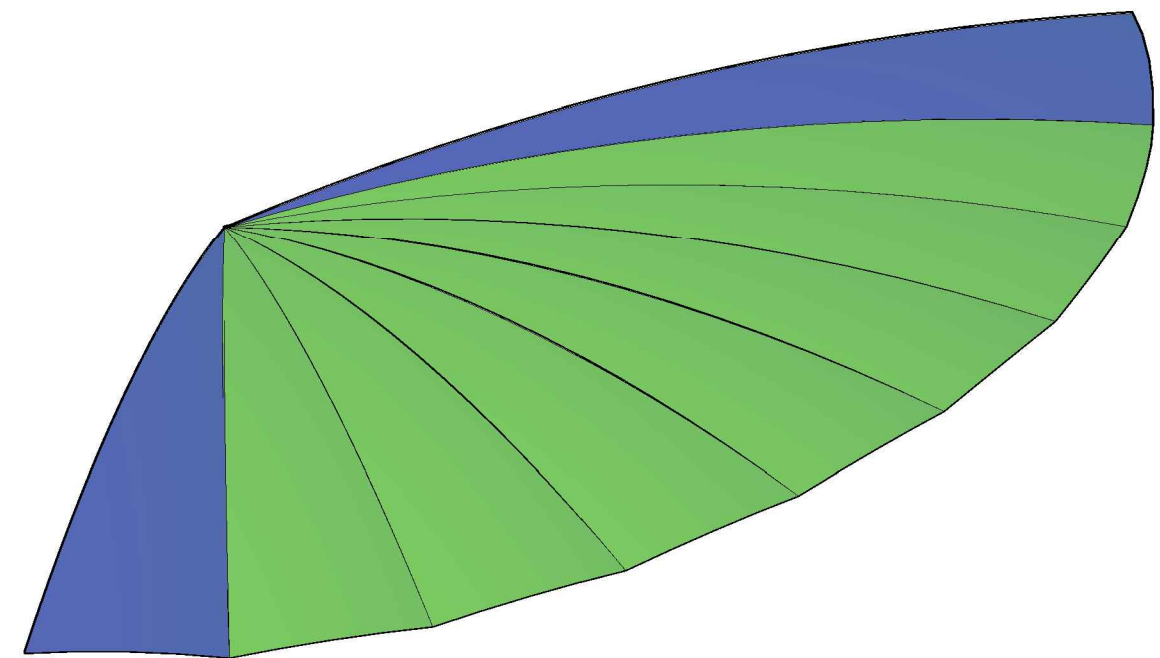
Volumen resultante de la intersección.



Del volumen resultante, la cara superior es la correspondiente a la ondulaciones de la cubierta.



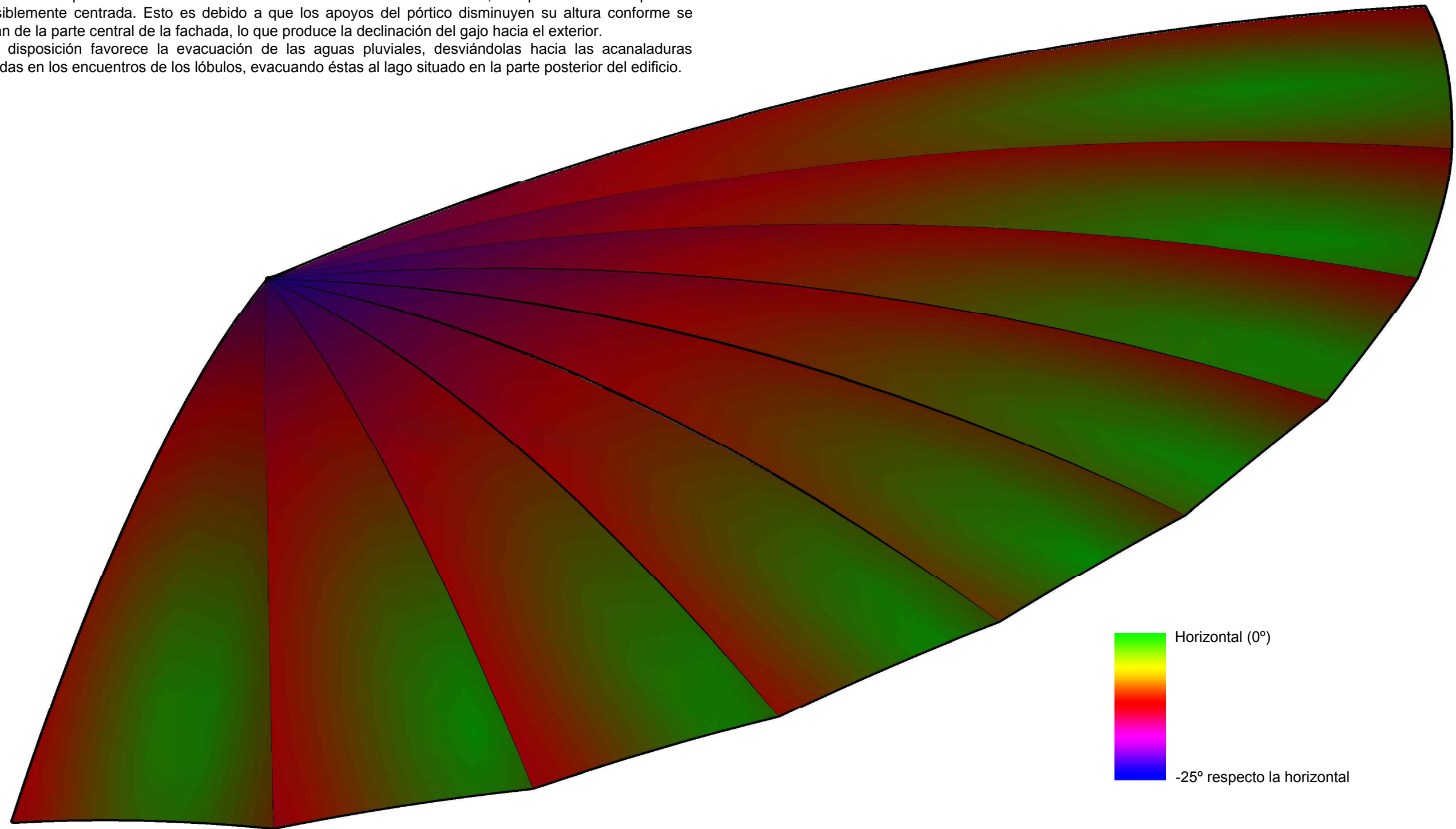
En verde está representada el lóbulo que tiene 27 metros de radio en su parte frontal, mientras que la azul corresponde a los lóbulos extremos con un radio frontal de 20 metros.



Superficie generada con los distintos lóbulos, girándolos correspondientemente según las indicaciones de la página 4.2.

# Análisis del ángulo de inclinación

En esta imagen se analiza el aumento de inclinación de la cubierta, desde las zonas completamente horizontales, representadas en color verde, hasta las zonas de máxima inclinación (-25° aproximadamente respecto a la horizontal) representadas en color azul. Nótese que la parte horizontal de cada gajo de la cubierta se desplaza hacia el centro conforme nos acercamos a los extremos, excepto en el último que está sensiblemente centrado. Esto es debido a que los apoyos del pórtico disminuyen su altura conforme se alejan de la parte central de la fachada, lo que produce la declinación del gajo hacia el exterior. Esta disposición favorece la evacuación de las aguas pluviales, desviándolas hacia las acanaladuras creadas en los encuentros de los lóbulos, evacuando éstas al lago situado en la parte posterior del edificio.



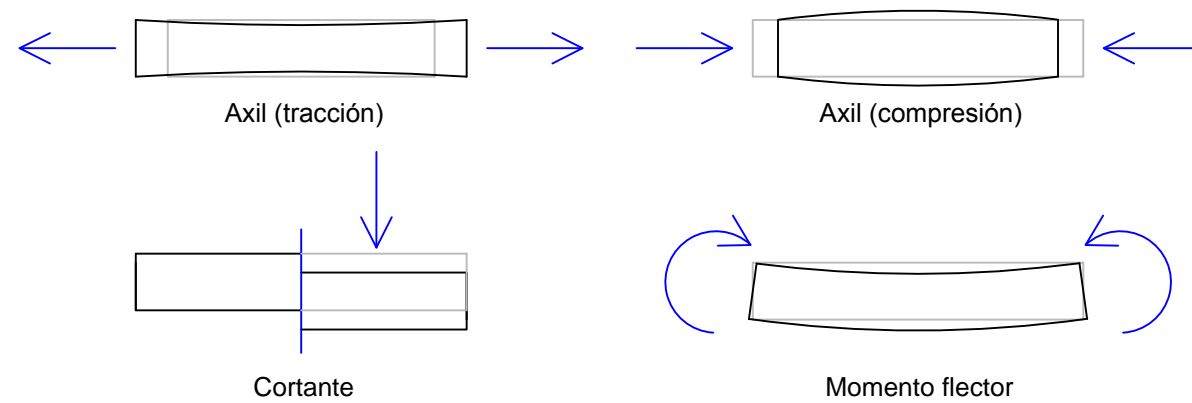


# 5 Análisis estructural

# 5 Análisis estructural

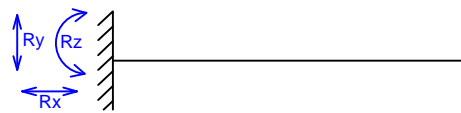
## Conocimientos previos

Para comprender el comportamiento de la estructura estudiadas es necesario conocer los tres tipos de fuerzas más básicas de la física que son: fuerza axil, fuerza cortante y momento flector. La fuerza axil es la que tiene la misma dirección que el elemento sometido, y puede ser de compresión o de tracción. La fuerza cortante es perpendicular a la dirección del elemento, y trata de partir a éste en dos mediante un corte vertical. El momento flector es una fuerza del tipo "par" que produce la rotación del sólido en un eje perpendicular a suyo y si el material es elástico produce una curvatura en el elemento.

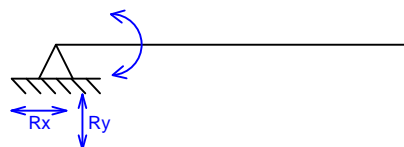


En construcción estas fuerzas son absorbidas o transmitidas a otros elementos mediante uniones. Existen varios tipos de uniones entre distintos elementos: empotramiento, articulación, apoyo guiado y apoyo articulado deslizante. También existe la posibilidad de que no se unan con ningún otro elemento en su extremo, lo que se denomina estado en voladizo.

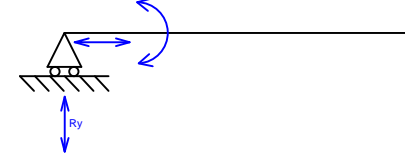
**Empotramiento:** la unión transmite los esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores, generando sus respectivas reacciones, ya que no permite ningún movimiento.



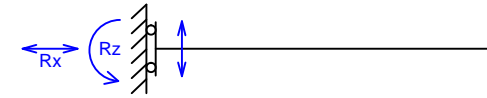
**Articulación:** esta unión transmite los esfuerzos axiales y cortantes, pero permite al sólido girar libremente, evitando así transmitir momentos flectores.



**Apoyo guiado:** esta unión transmite los esfuerzos axiales y momentos flectores, pero permite al sólido desplazarse libremente en eje vertical.



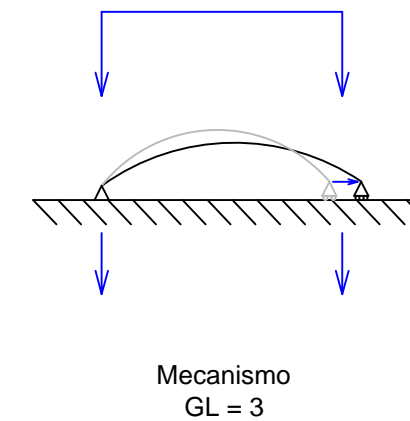
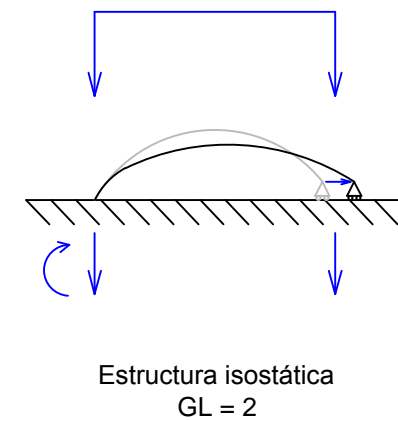
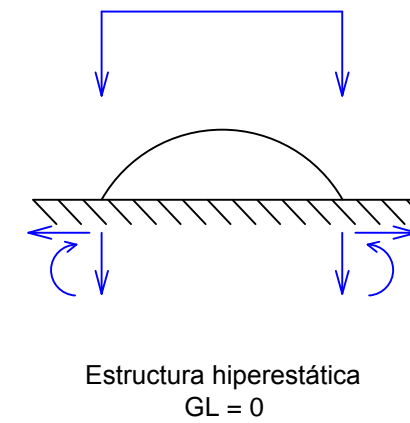
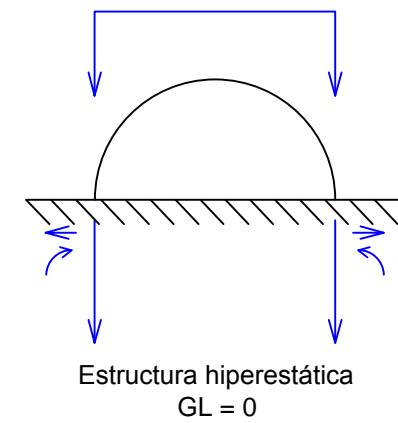
**Apoyo articulado deslizante:** esta unión únicamente transmite esfuerzos cortantes ya que permite el desplazamiento horizontal del sólido y que este gire con libertad.



**Voladizo:** no es la unión de ningún elemento, pero es el estado que se crea cuando uno o ambos extremos del sólido quedan libres y con algún tipo de carga. Esto produce generalmente que el tramo libre desde el apoyo o empotramiento trabaje a flexión al producir momentos flectores.



Transmisiones de carga de un arco según nudos y peralte



(GL = Grado de libertad)

# Introducción

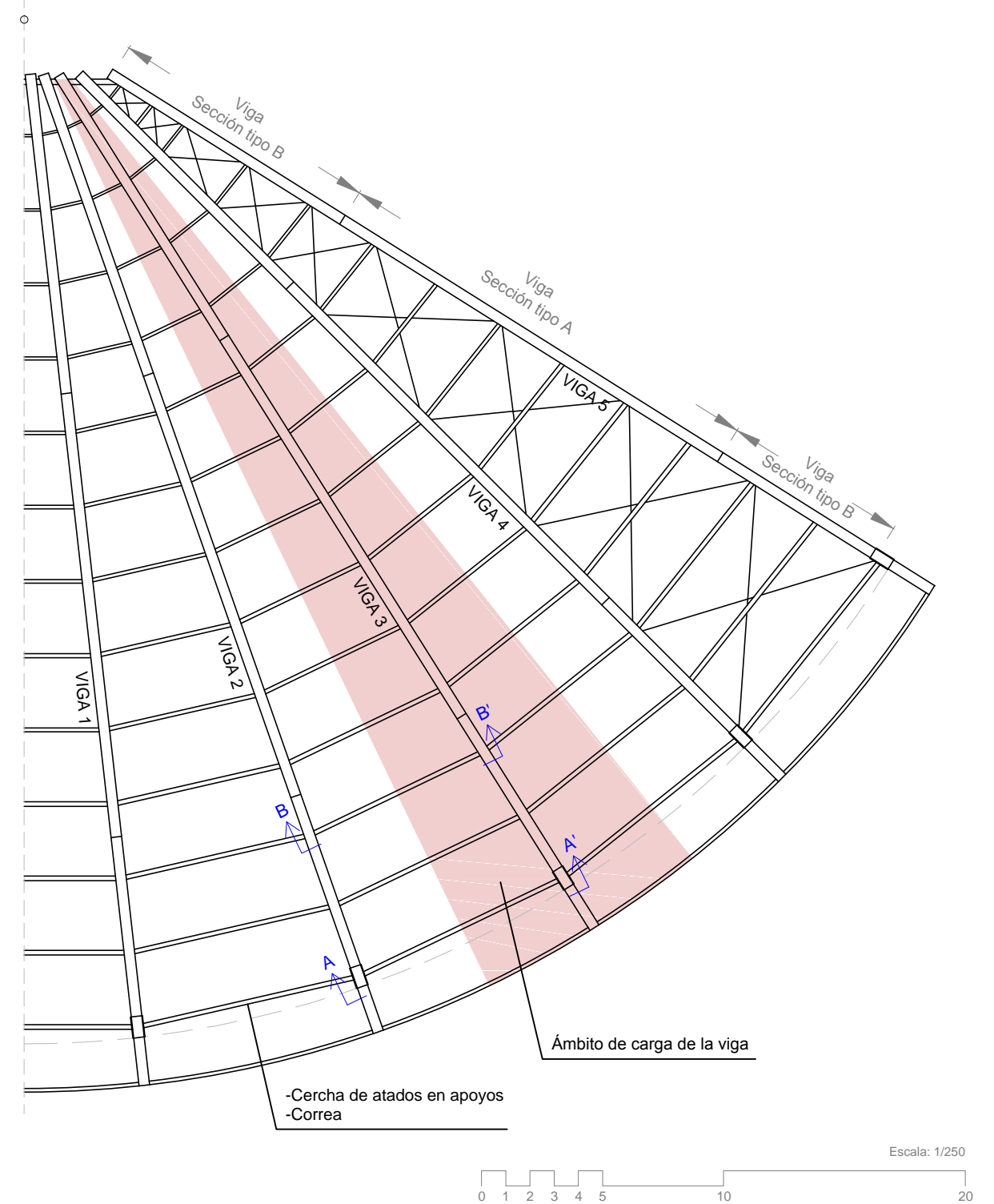
(Derecha, Figura 5.1) Vista interior de la cubierta con protección ignífuga.



(Abajo, Figura 5.2) Vista exterior del edificio en proceso de la colocación de la chapa grecada.



La estructura de la cubierta del auditorio está compuesta de diez vigas metálicas principales dispuestas radialmente, convergiendo en el punto de replanteo de la cubierta, coincidente con el centro del arco de circunferencia formado por la fachada. Estas vigas apoyan en sus extremos más cercanos al punto de replanteo sobre un muro de hormigón armado, mientras que su extremos más alejados apoyan sobre los pilares del pórtico de hormigón armado de la fachada. Estos extremos más alejados del punto de replanteo cuentan además con unas cerchas de atado en los apoyos. Las vigas extremas (5 y 5') están arriostradas mediante perfiles metálicos en cruces de San Andrés a sus vigas contiguas (4 y 4') para estabilizar las anteriores.



Perpendicularmente al centro de los interejes están colocadas las correas de la cubierta, sirviendo éstas de soporte a la chapa grecada, la cual cierra la cubierta y sirve de encofrado perdido al acabado de hormigón debidamente armado.

Este conjunto de elementos constituyen nueve peculiares forjados colaborantes (chapa grecada y hormigón armado) curvados unidos solidariamente entre sí y dispuestos de forma que se asemejan a una concha, integrándose con su aspecto perfectamente con la decoración del entorno.

# Vigas

Las vigas de la cubierta están curvadas siguiendo un radio de 90 metros, lo que hace imposible la unión tangencial y vertical de la misma con los apoyos, por lo que los esfuerzos transmitidos prácticamente no son verticalizados, no actuando así como un arco y generando unos empujes mínimos.

Por este motivo, los extremos de las vigas disponen de sendos apoyos articulados, evitando de esta forma la transmisión de momentos flectores al resto de la estructura del edificio.

Las jácenas metálicas están divididas en tres tramos cada una: los tramos extremos con una sección tipo B y el tramo central con un perfil tipo A, con una mayor sección, logrando una mayor inercia para resistir adecuadamente los momentos flectores, mayores en la parte central de la viga. Estas vigas están compuestas de chapas yuxtapuestas en doble T, componiendo las secciones indicadas en la figura.

Las cargas que actúan sobre cada viga se considera repartida triangular, ya que desde el apoyo posterior de la viga hasta el extremo que queda en voladizo, el ámbito de carga va aumentando según el forjado va incrementando su tamaño al acercarse al voladizo.

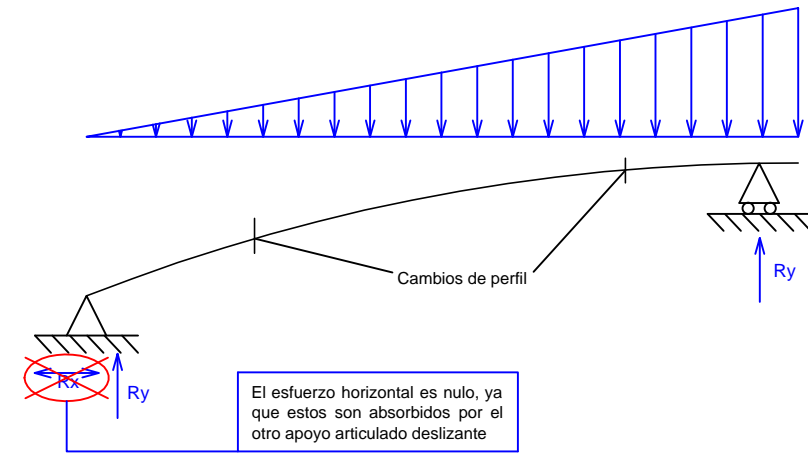
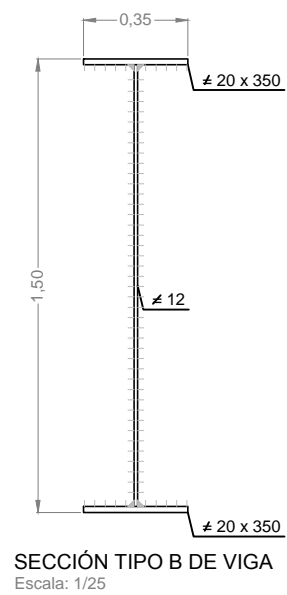
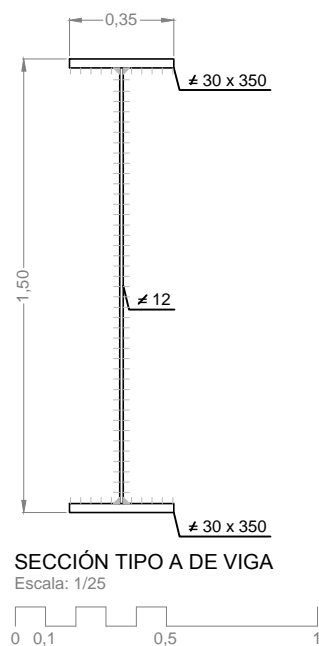
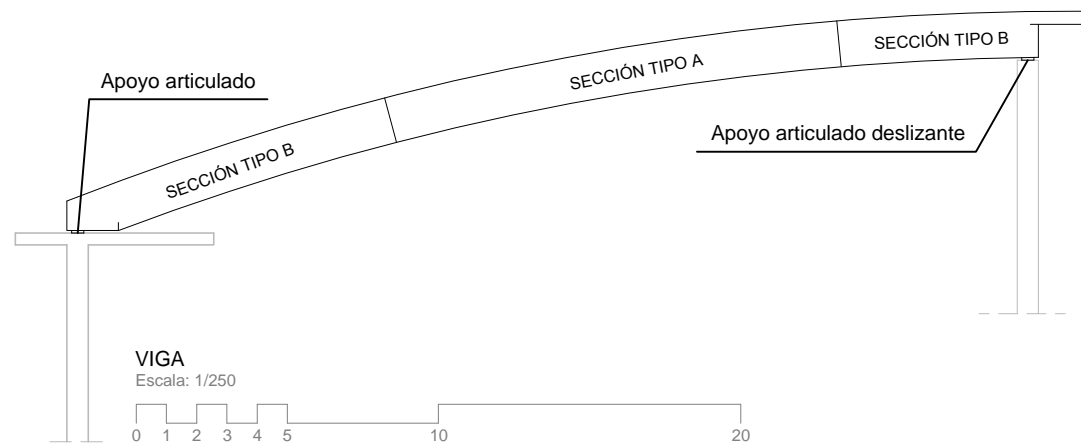


Diagrama de esfuerzos cortantes:

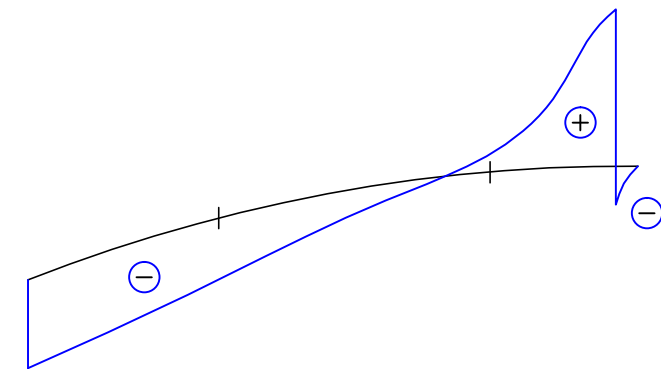
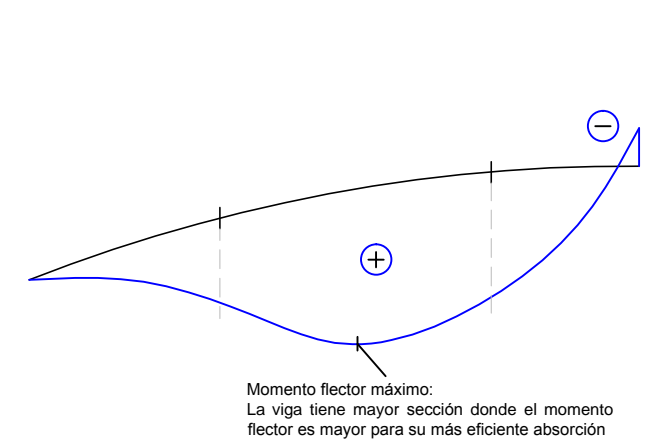


Diagrama de momentos flectores:



(Figura 5.3) Vista exterior de las vigas



(Figura 5.4) Vista interior de las vigas con el tratamiento ignífugo ya proyectado

# Correas

Para la formación del forjado las vigas disponen de correas de sección IPE curvadas, colocadas cada 3 metros, generando así la malla que da forma a la cubierta. Estas correas actúan a su vez como viguetas para recibir la chapa grecada del forjado colaborante. Dado que las correas se unen a las vigas principales encaradas unas contra otras, las fuerzas horizontales y momentos flectores se anulan entre si (excepto en las vigas extremas que no cuentan con correas a ambos lados, por lo que son arriostradas), transmitiendo únicamente esfuerzos verticales, representados con la carga triangular de la viga.

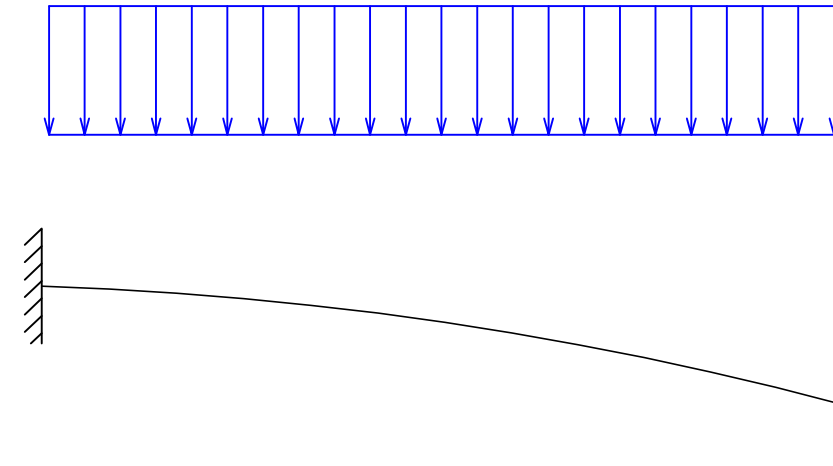
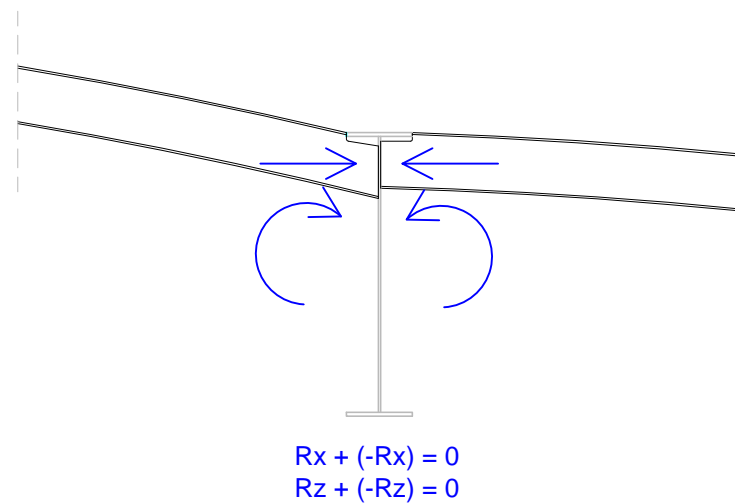
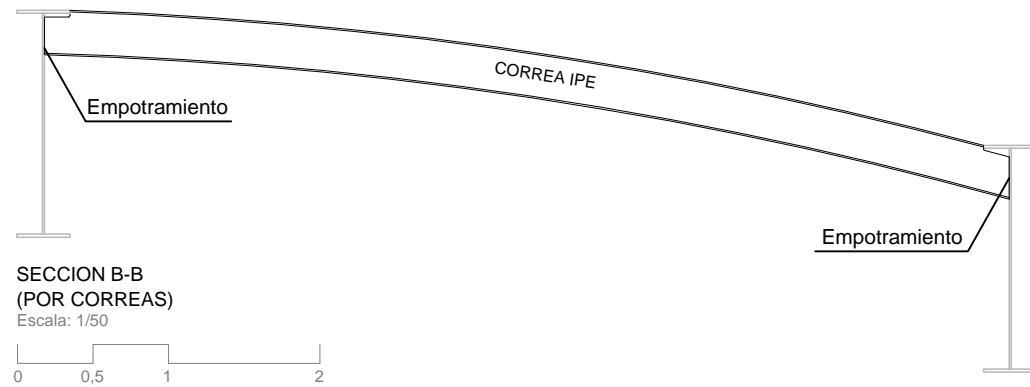


Diagrama de esfuerzos cortantes:

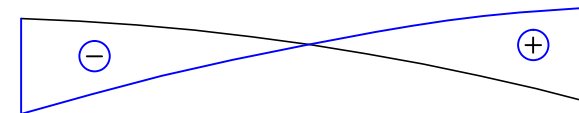
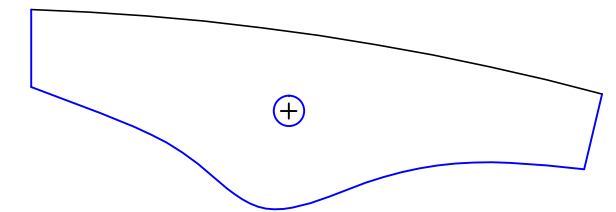


Diagrama de momentos flectores:



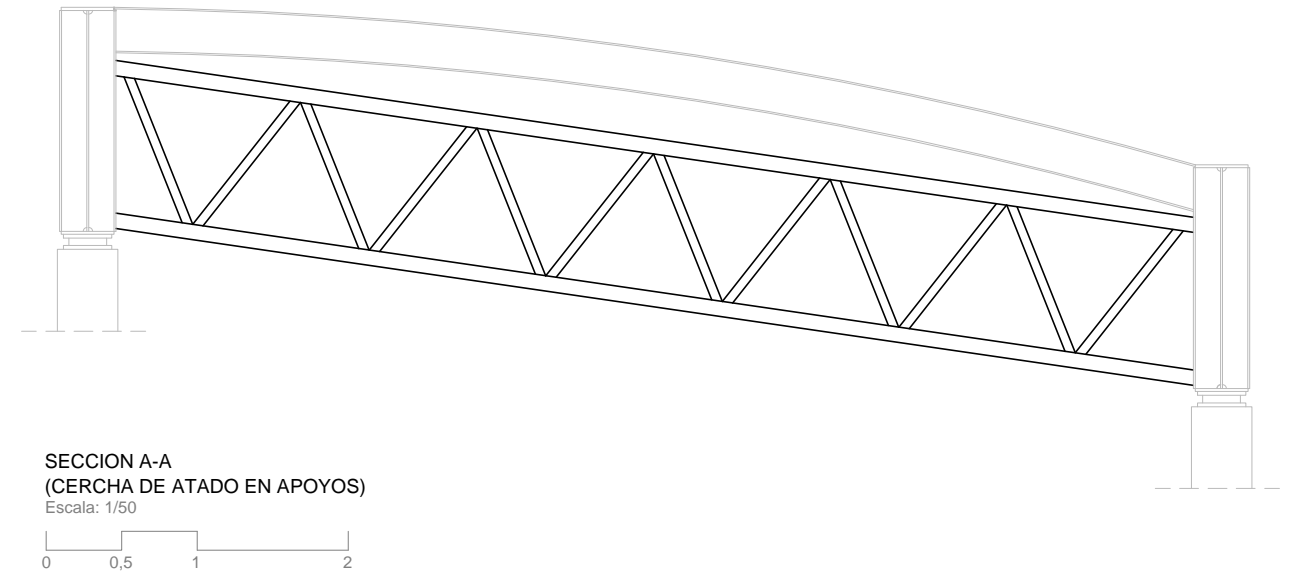
(Figura 5.5) Unión de las correas con las vigas con el tratamiento ignífugo ya proyectado

# Cerchas

Existen cerchas tipo Warren de unión entre los apoyos de las vigas en el pórtico de la fachada para tratar de unirlos, haciendo trabajar a todo los elementos como un conjunto monolitizándolo. A su vez, también ayudan a prevenir del vuelco lateral de las vigas, el cual produciría el colapso de la cubierta.



(Figura 5.6) Cerchas

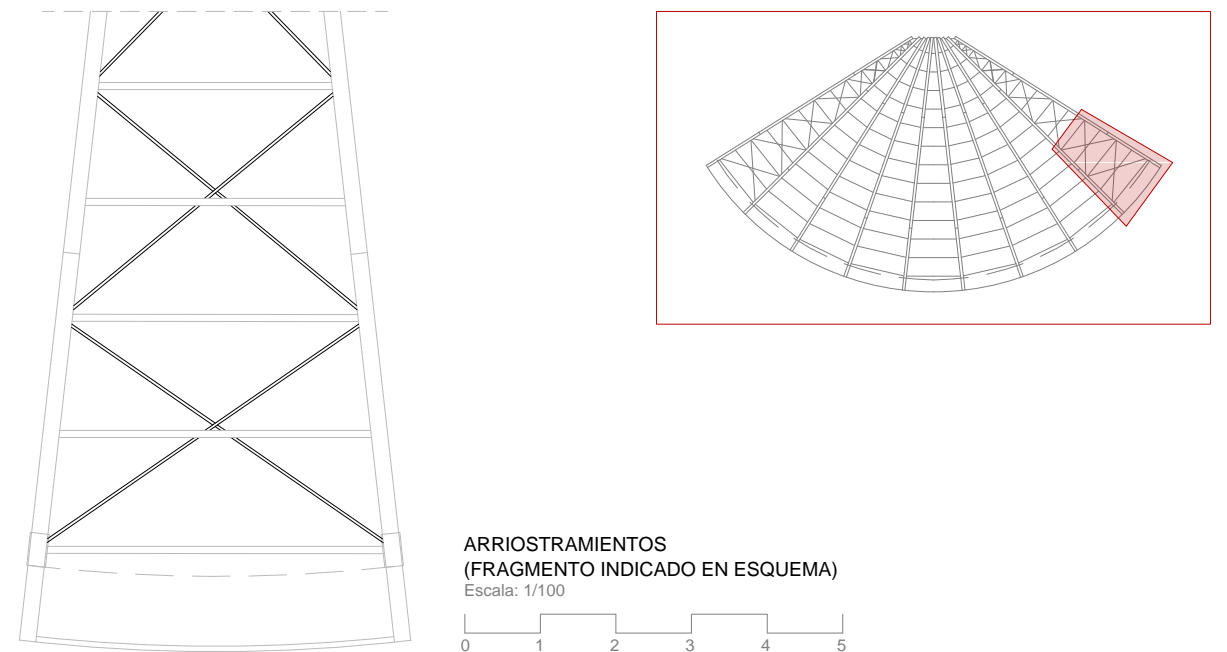


# Arriostramientos

Para asegurar la estabilidad de las vigas extremas 5 y 5', éstas se solidarizan a sus vigas contiguas, 4 y 4' respectivamente, gracias a la disposición de arriostramientos en cruces de San Andrés, los cuales son realizados en toda la longitud de las jácenas. Cada una de las cruces de San Andrés cuenta con dos perfiles dimensionados para trabajar a tracción actuando así como tirantes, evitando las deformaciones y desplazamientos no deseados. (En la fotografía del apartado "Introducción" de este capítulo se pueden observar más de estos arriostramientos entre las vigas 3'-2', 1'-1 y 2-3, que alcanzan desde la parte posterior del edificio hasta el primer cambio de perfil, lo que se explicará en el siguiente capítulo "Análisis constructivo" en la Fase 5).



(Figura 5.7) Arriostramientos



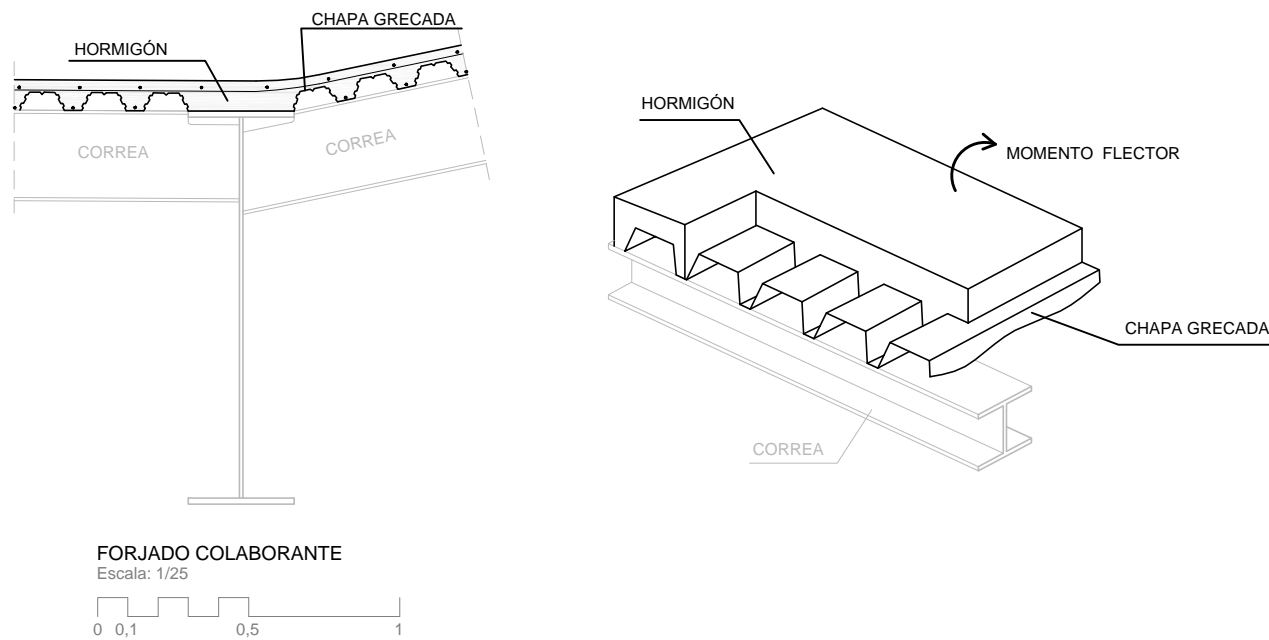
# Forjados colaborantes

Aprovechando que la estructura de la cubierta está realizada a base de perfiles metálicos, se decidió que el forjado de la misma fuese un forjado colaborante, que se caracteriza por su gran resistencia con un canto mínimo gracias al trabajo conjunto de la chapa grecada o nervada con el hormigón.

La chapa grecada está colocada con los nervios en la misma dirección que la luz, o dicho de otra forma, los nervios están colocados perpendicularmente a las correas o viguetas, adoptando así una gran resistencia a flexión al adoptar una mayor inercia por su colocación.

Las tracciones producidas a causa de la flexión en la parte inferior del forjado son absorbidas por la chapa, mientras que el hormigón es el encargado de resistir las compresiones producidas en la parte superior.

En caso de que la chapa grecada hubiese sido colocada con los nervios paralelos a las correas/viguetas, el forjado tendría mucha menor resistencia, ya que la chapa doblaría más fácilmente por las líneas de doblado de las grecas.



(Figura 5.8) Chapa grecada

# 6 Análisis constructivo



# 6 Análisis constructivo

## Introducción

Para el análisis constructivo de la cubierta del auditorio, comenzaremos desde la fase previa a su construcción, hasta la finalización de la misma. Para ello dividiremos el análisis en 8 fases:



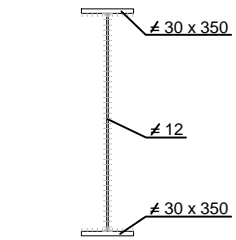
(Figura 6.1) Fase previa



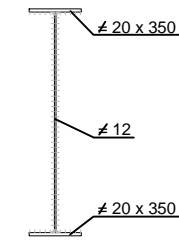
(Figura 6.2) Cubierta finalizada

## Fase previa

La fase previa a la construcción de la cubierta es paralela a la ejecución de la estructura de hormigón armado del edificio, sobre la cual apoyaremos la cubierta. En esta fase los componentes de los distintos perfiles de las vigas son soldados en fábrica, dejando cada viga dividida en tres partes (una por cada tipo sección), facilitando así su transporte.

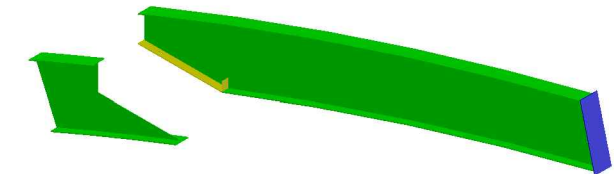
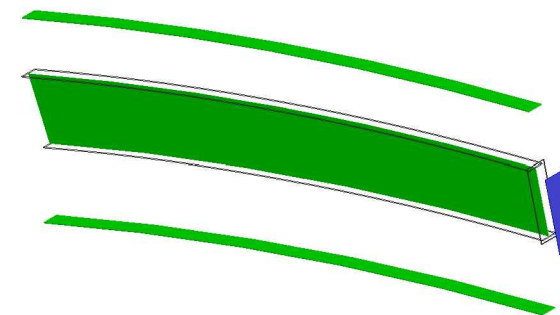


SECCIÓN TIPO A DE VIGA  
(PARTE CENTRAL)  
Escala: 1/50



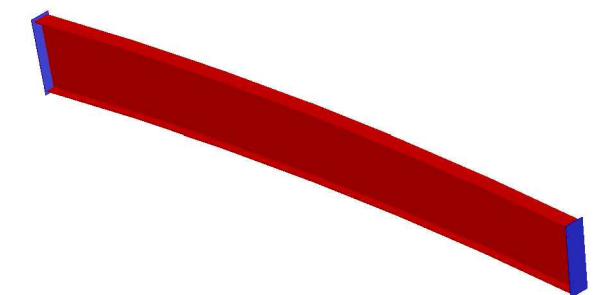
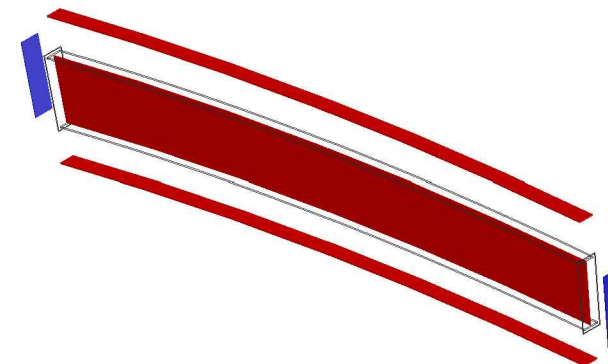
SECCIÓN TIPO B DE VIGA  
(PARTES EXTREMAS)  
Escala: 1/50

Sección tipo A de viga (zona posterior)

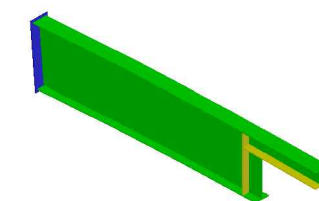
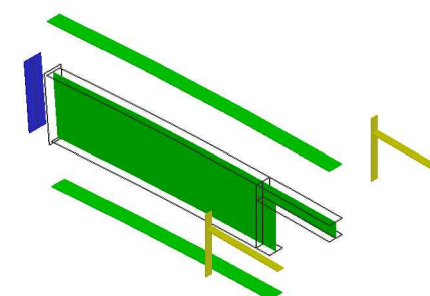


\*El ángulo de corte será distinto según la viga y su inclinación

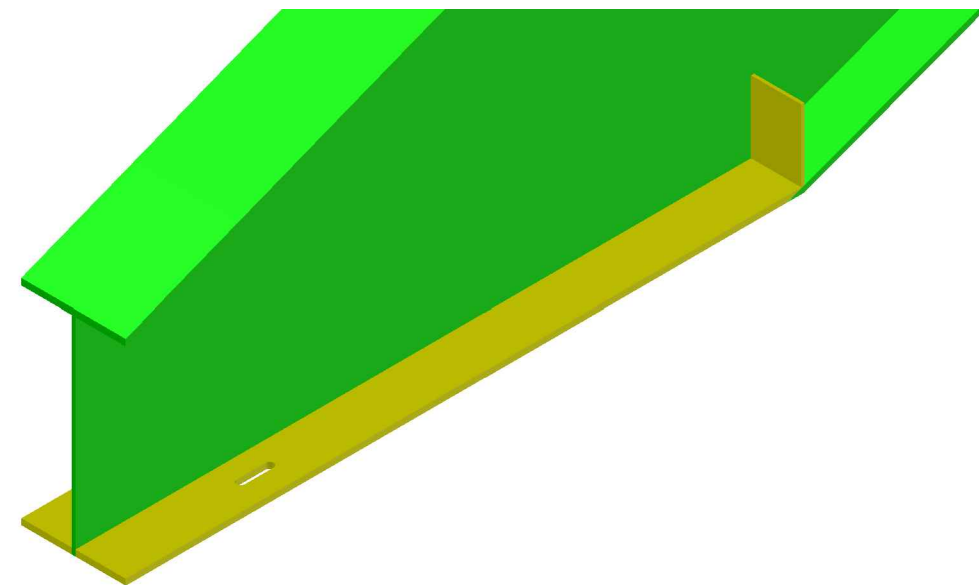
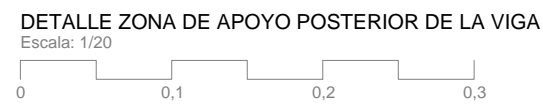
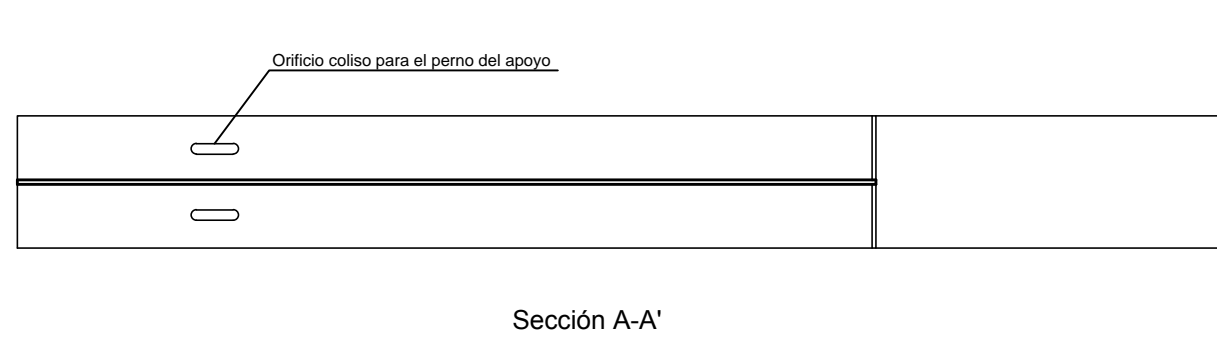
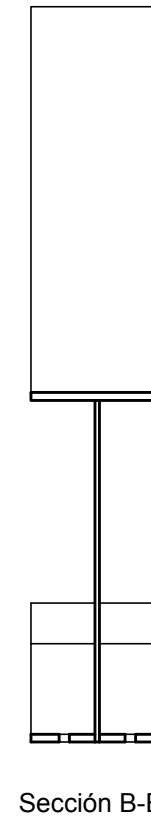
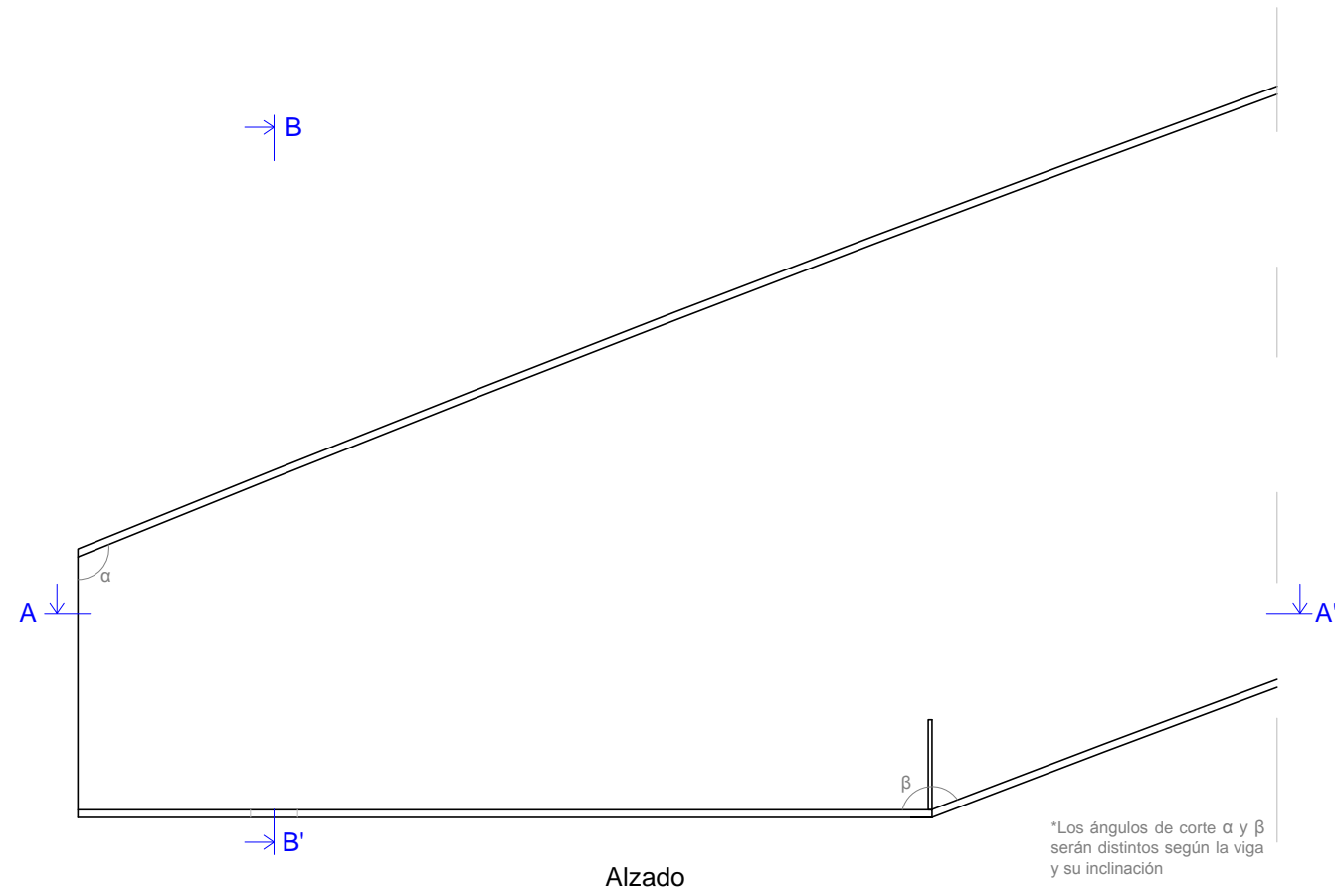
Sección tipo A de viga (zona central)



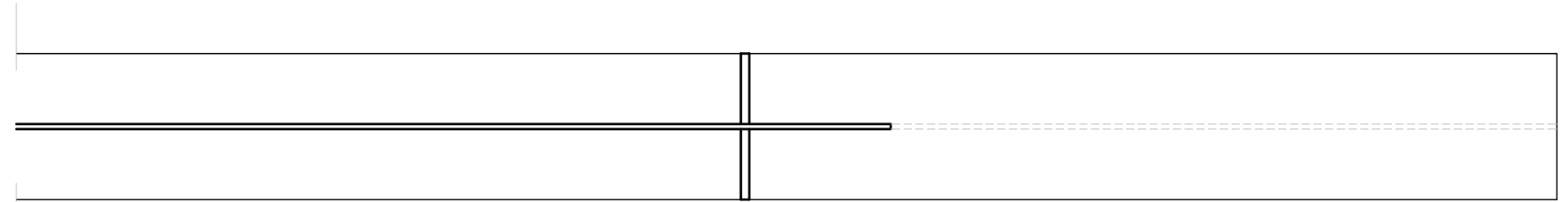
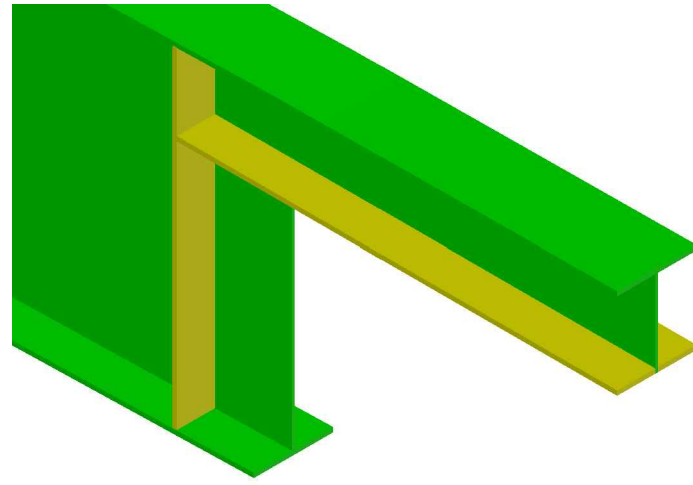
Sección tipo B de viga (zona anterior)



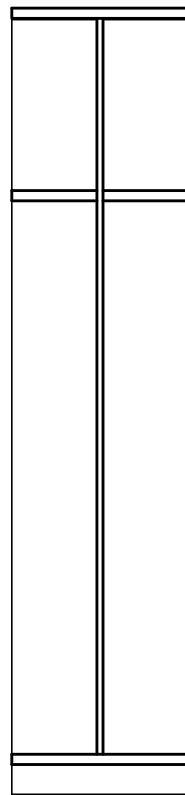
**Zona de apoyo posterior de la viga:** de las tres partes que conforman cada viga, la parte posterior (sección tipo B) estará cortada para poder permitir su correcto apoyo. Los cortes realizados a la viga serán siempre perpendiculares entre ellos y variarán sus ángulos (según la inclinación de la misma) para que su zona inferior sea completamente horizontal en el apoyo.



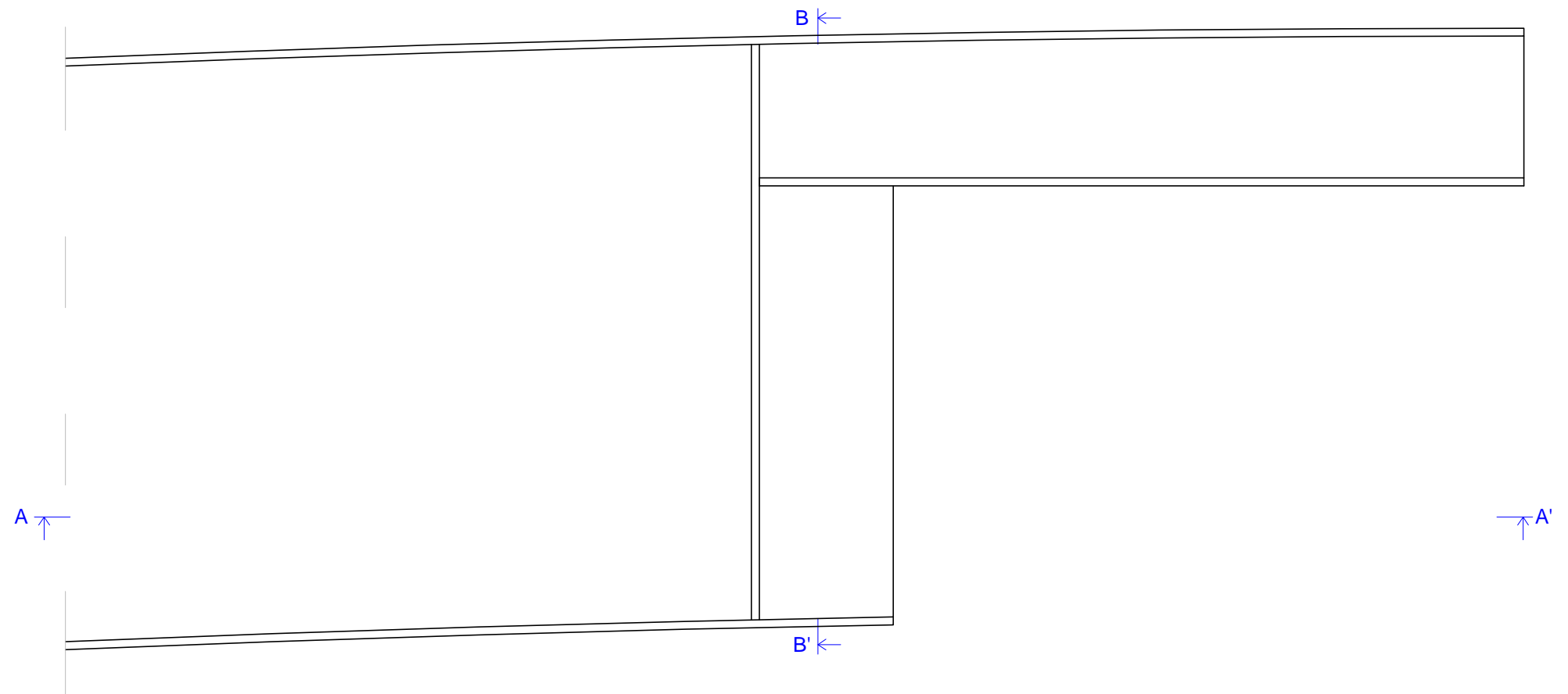
**Zona de apoyo anterior y voladizo de la viga:** la parte anterior de la viga (sección tipo B) dispondrá de dos rigidizadores de alma en su zona de apoyo. Además tendrá un pequeño voladizo, el cual será de una altura muy inferior al resto de la viga, manteniéndose fija su parte superior.



Sección A-A'



Sección B-B'



Alzado

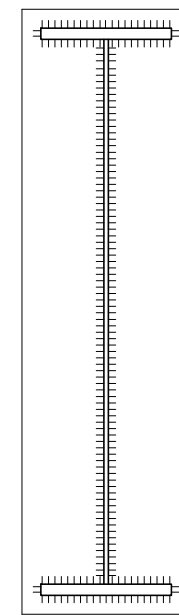
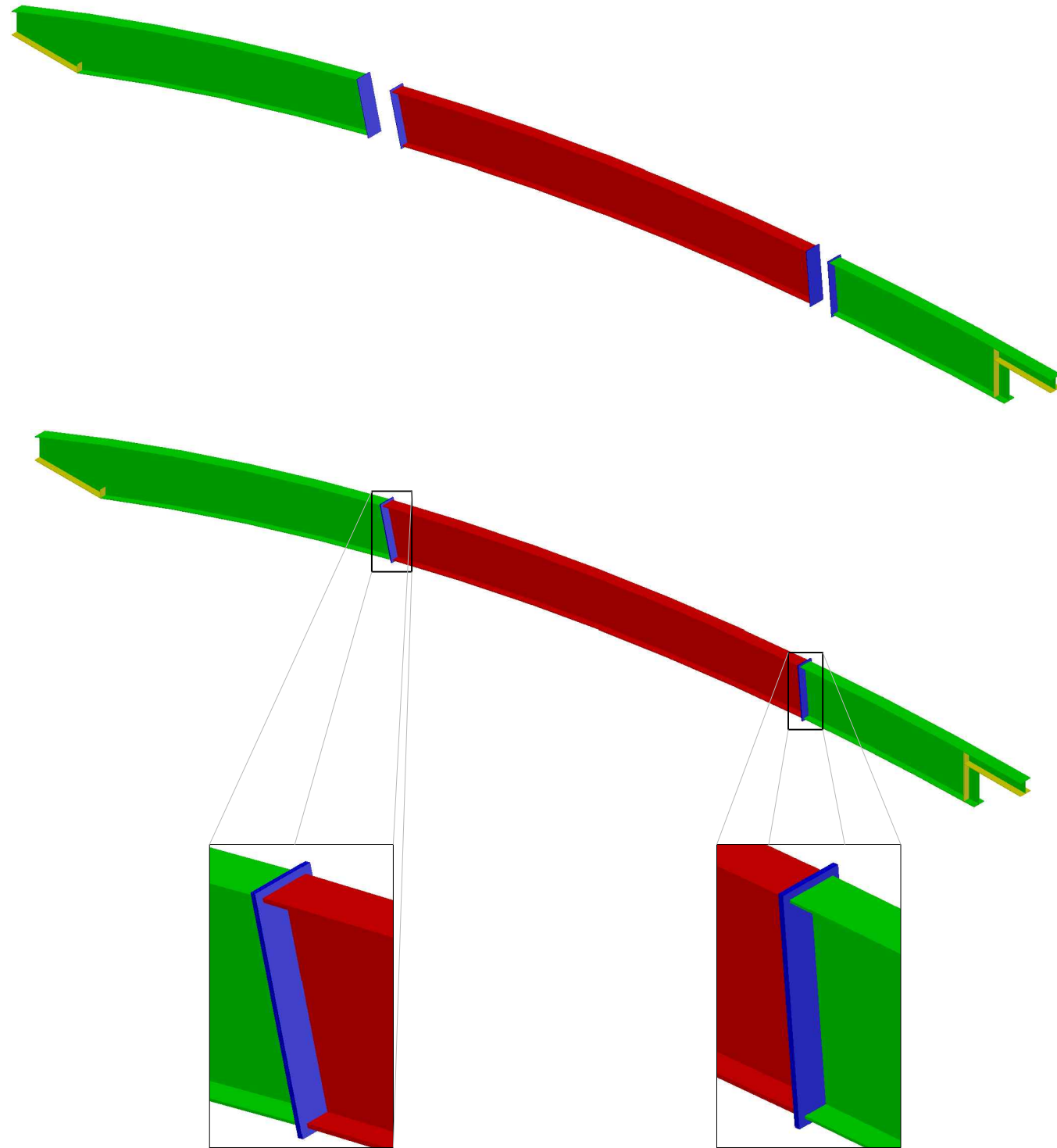
DETALLE ZONA DE APOYO ANTERIOR Y VOLADIZO DE LA VIGA  
Escala: 1/15



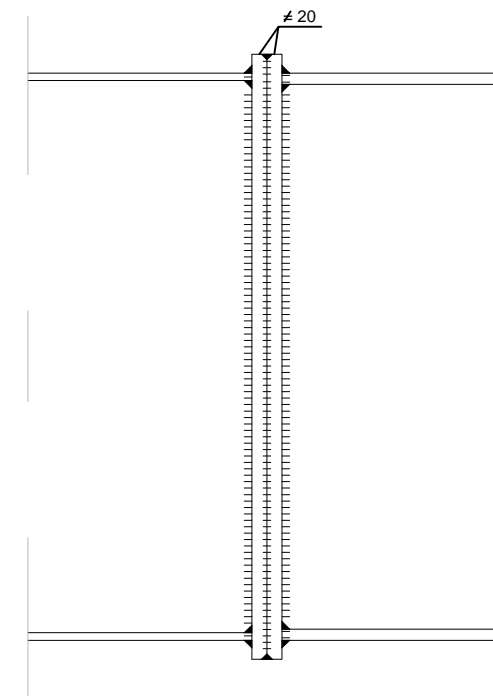
# Fase 1

La fase una consiste en la realización de tres trabajos: la soldadura de los distintos perfiles para conformar las vigas, el apoyo posterior continuo sobre muro de hormigón y los apoyos anteriores sobre los pilares del pórtico de la fachada.

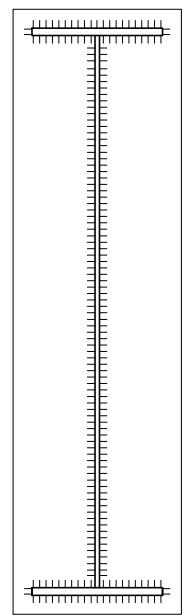
**Soldadura de los perfiles:** los perfiles se soldarán a pie de obra para la conformación de las diez vigas, las cuales apoyarán en el muro trasero del tanque, debidamente armado para soportar los esfuerzos transmitidos y en los pilares del pórtico de la fachada.



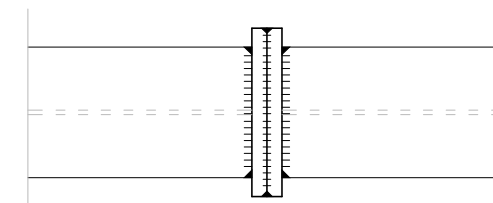
Perfil derecho



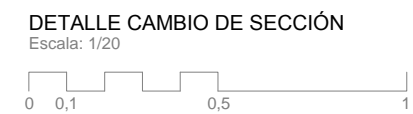
Alzado



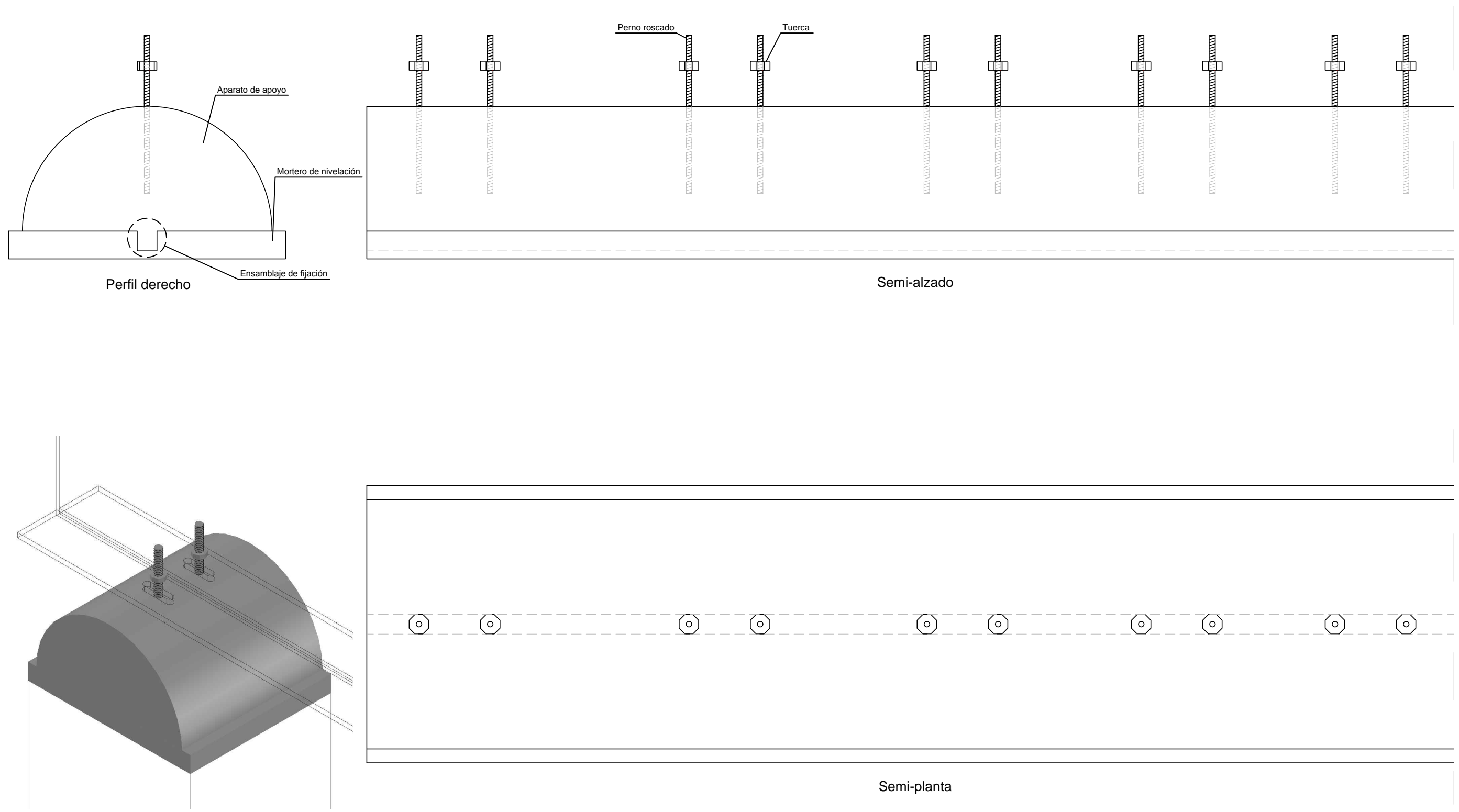
Perfil izquierdo



Planta

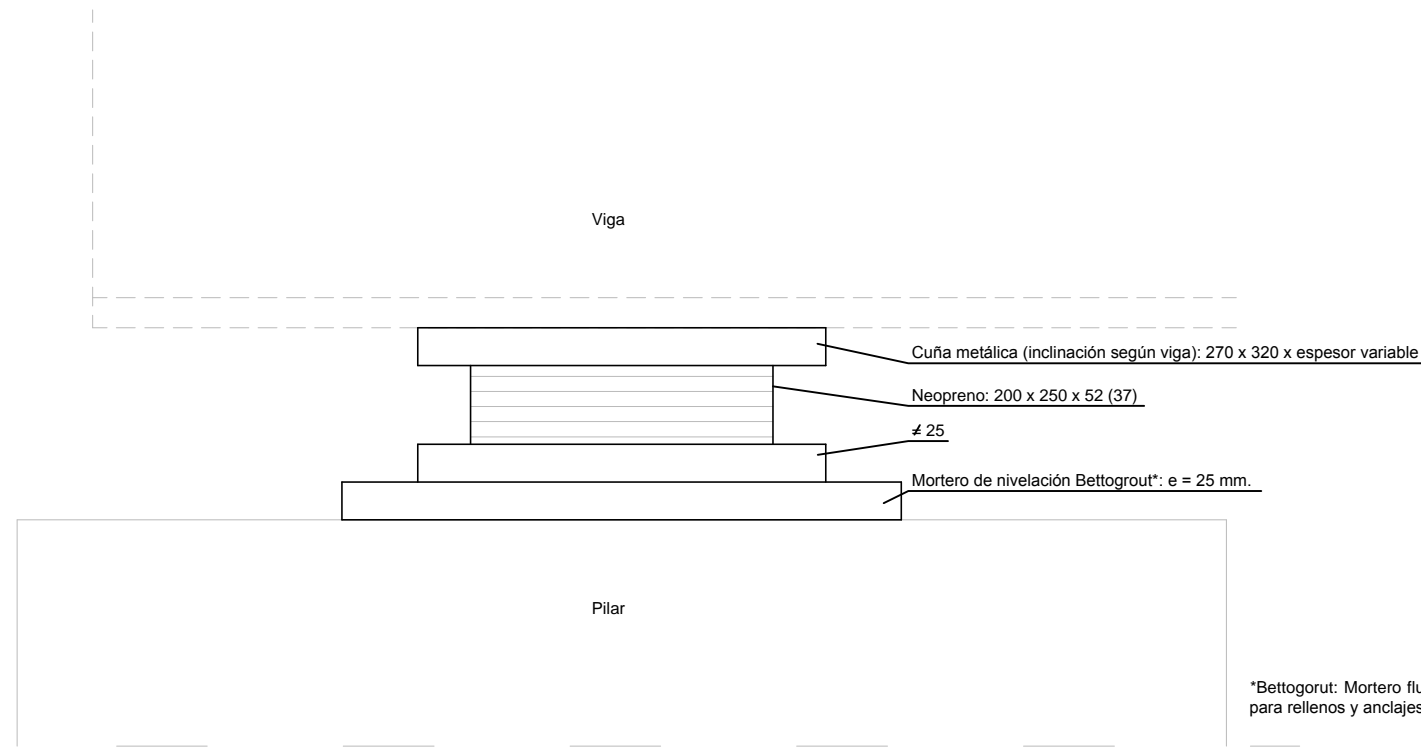


**Apoyo articulado continuo sobre muro:** se ha realizado una propuesta de apoyo dado que en los planos del edificio no figura detallado y no ha sido posible acceder al mismo. La propuesta realizada es la siguiente: el apoyo de la parte posterior del edificio, situado en el muro trasero del acuario del escenario, será suficientemente largo como para recibir las diez vigas, bastando con un único apoyo simplificando la construcción del mismo.



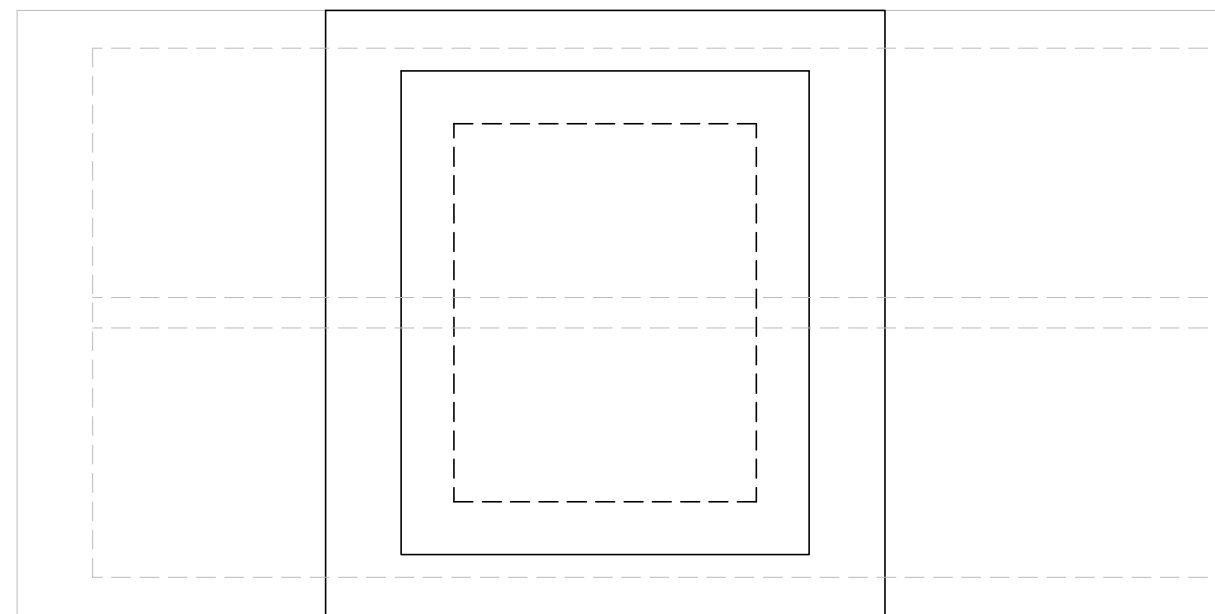
DETALLE APOYO SOBRE MURO  
Escala: 1/10  
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5

**Apoyo articulado deslizante sobre pilar:** En los pilares del pórtico de la fachada se colocarán los apoyos articulados deslizantes de neopreno, en los cuales la chapa superior tendrá forma de cuña, con distintos ángulos de inclinación según la viga que reciba sobre ella.



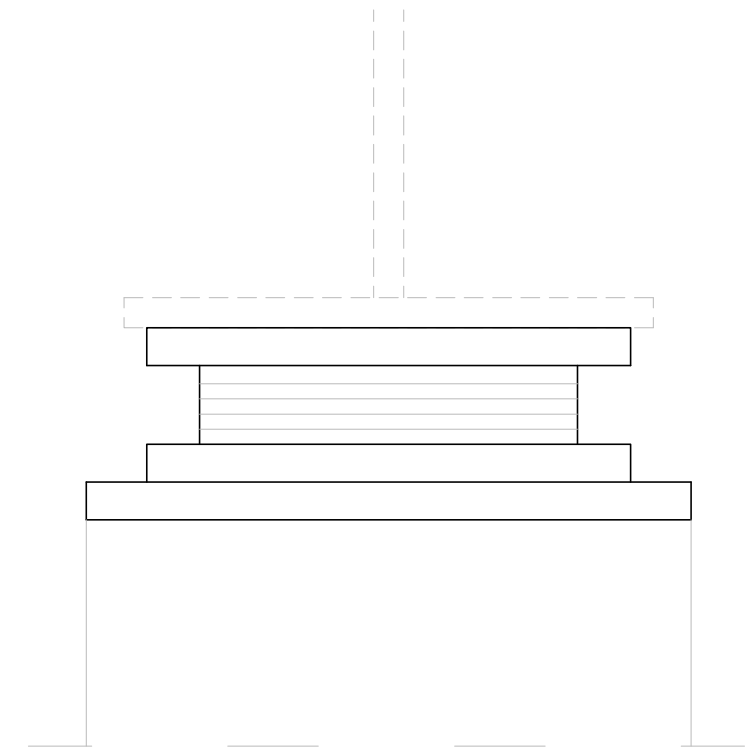
Perfil derecho

\*Bettogorut: Mortero fluido sin retracción para rellenos y anclajes de precisión

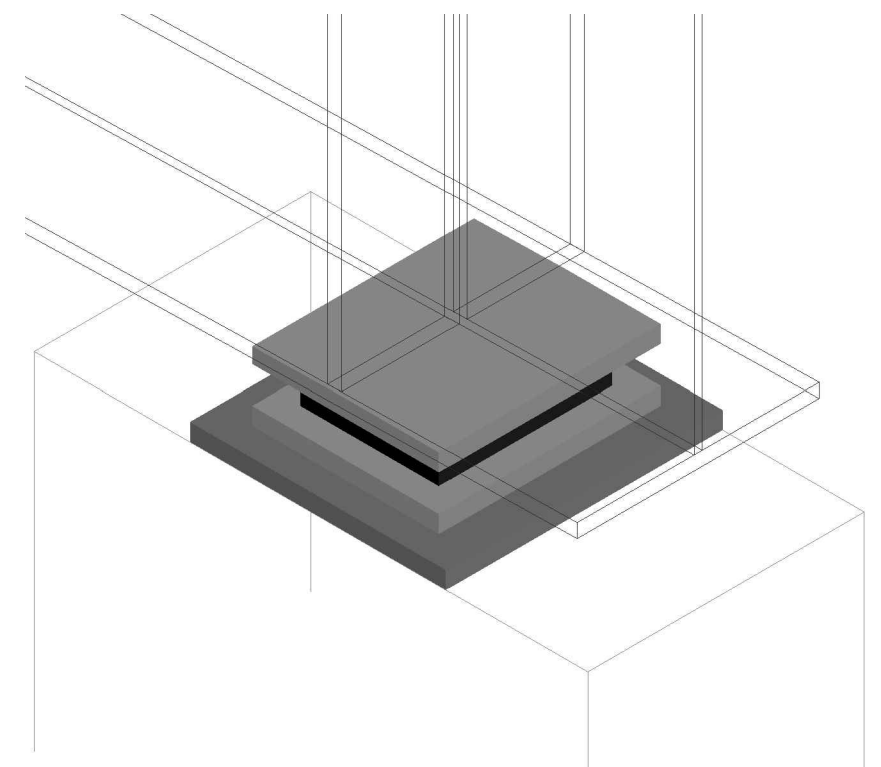


Planta

DETALLE APOYO SOBRE PILAR  
Escala: 1/5  
0 0,1 0,2

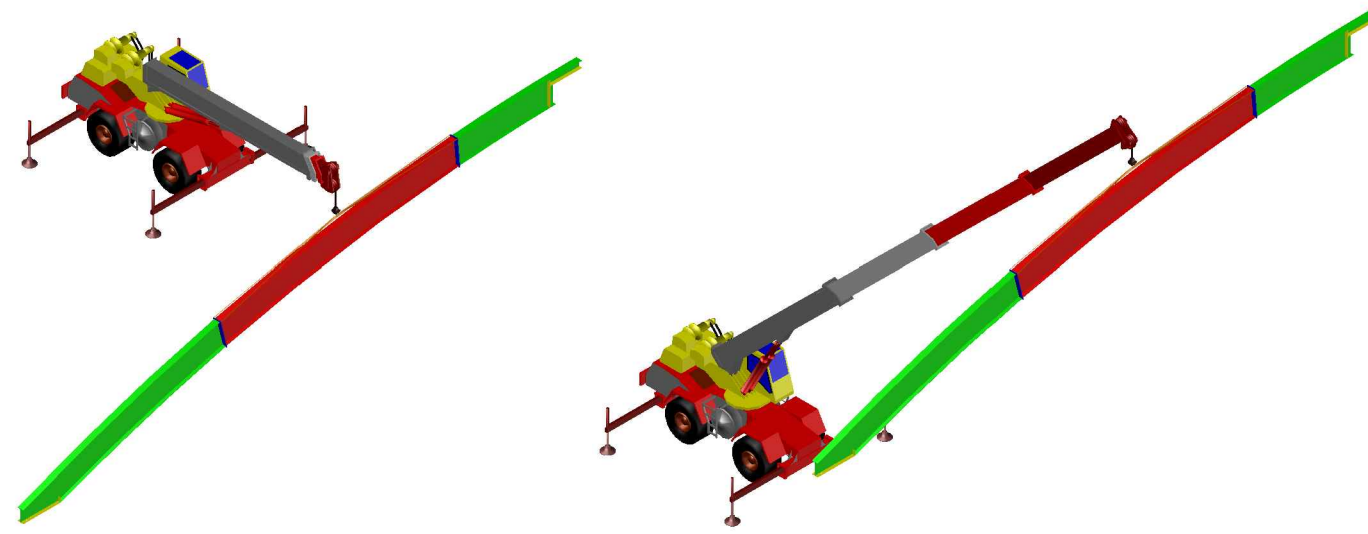


Alzado



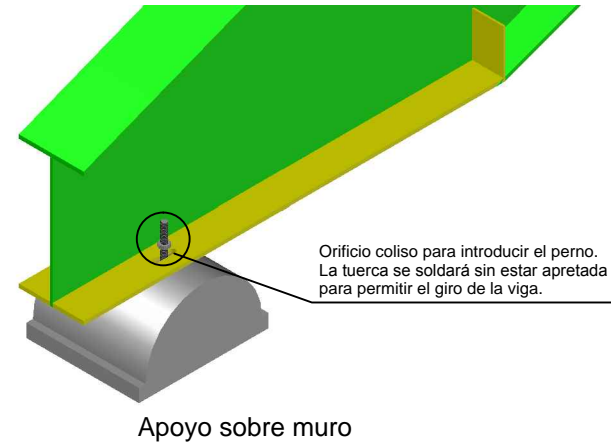
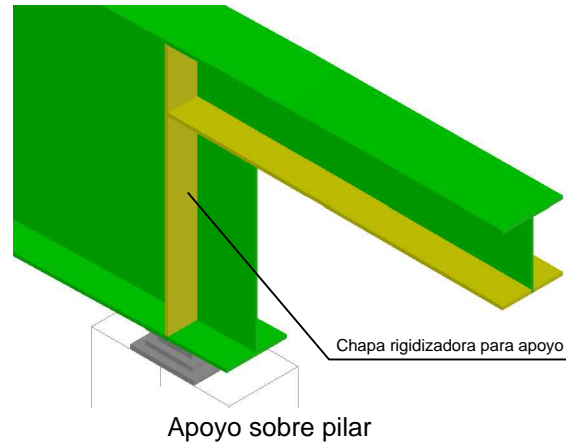
# Fase 2

Una vez conformadas las 10 vigas y realizados los soportes, la obra ya está preparada para que la grúa móvil con brazo telescópico ices las vigas colocándolas cuidadosamente en su lugar, teniendo especial atención en la unión con los apoyos.

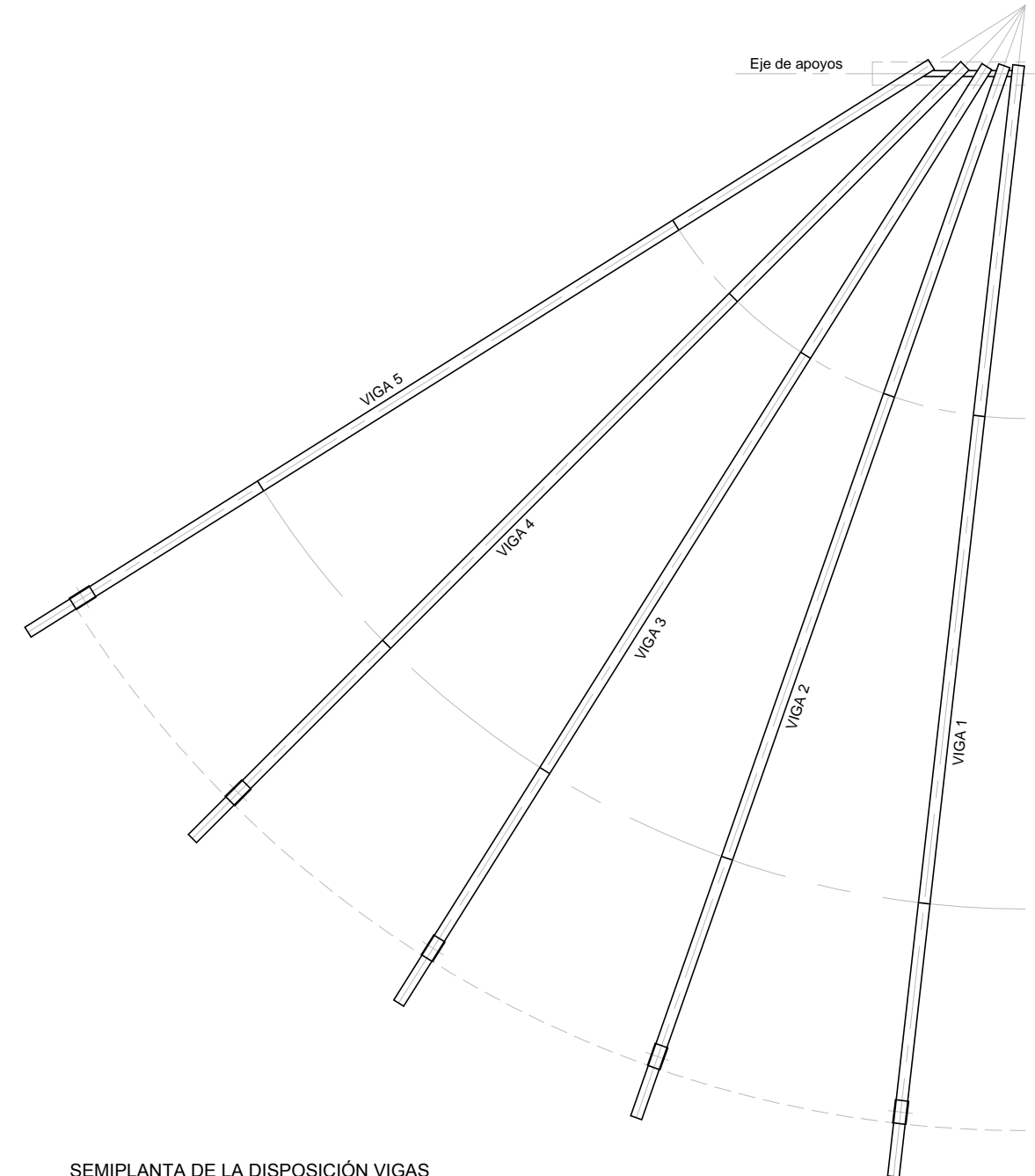


Grúa amarrando la viga

Grúa izando la viga



(Figura 6.3) Vigas colocadas

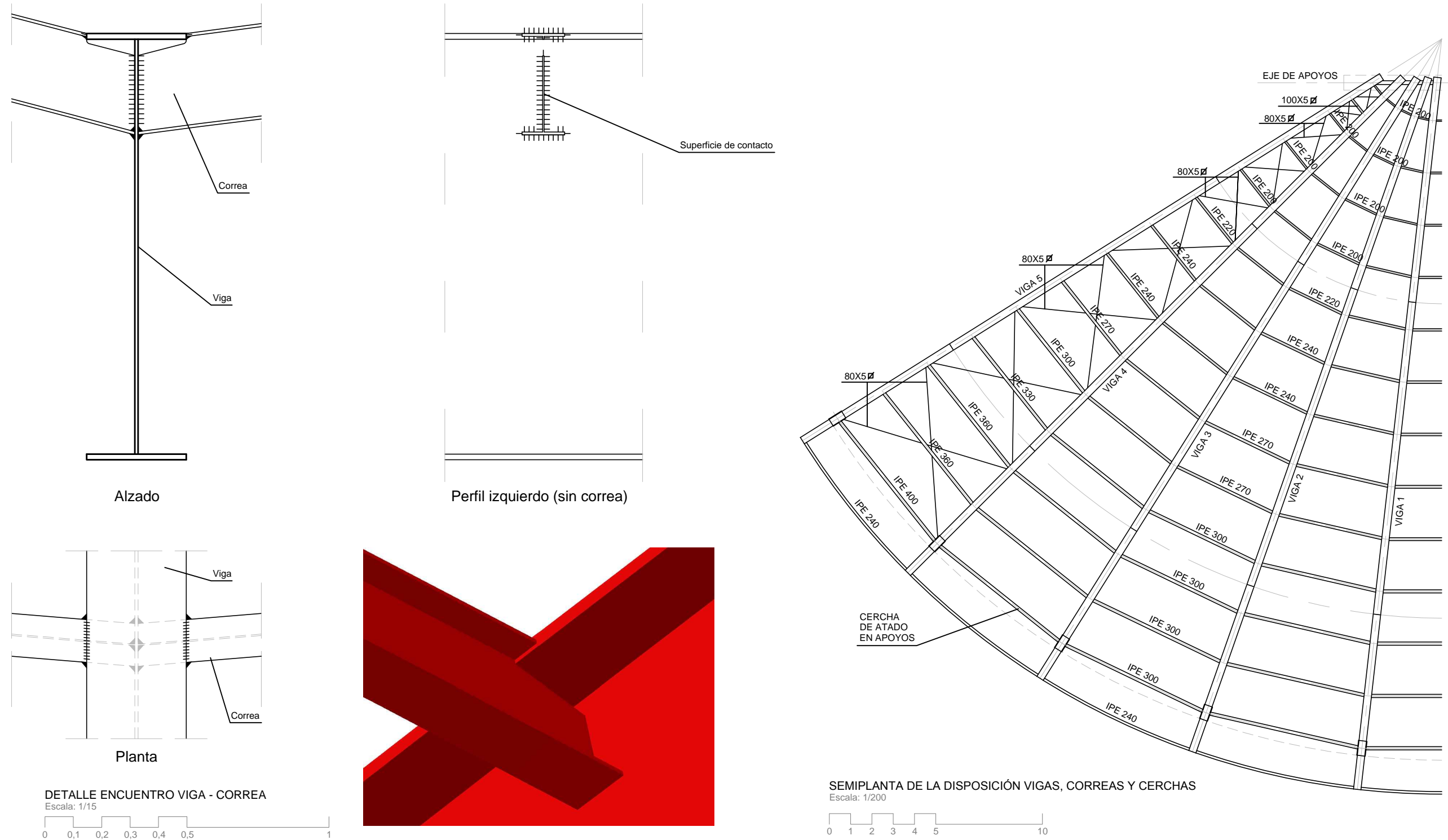


SEMIPLANTA DE LA DISPOSICIÓN VIGAS  
Escala: 1/200  
0 1 2 3 4 5 10

# Fase 3

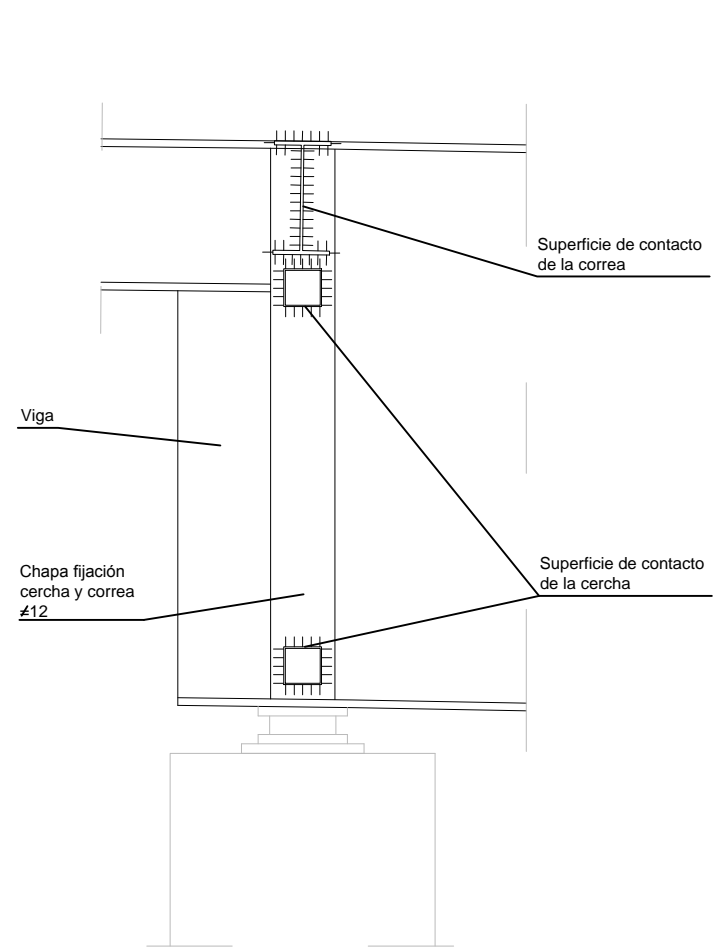
Ya colocadas las diez vigas en la Fase 2, se fijarán mediante soldadura a tope las correas a las vigas siendo izadas y sostenidas por la grúa móvil con brazo telescópico. Con la misma técnica se unirán al conjunto para dotarlo de rigidez las cerchas, colocadas entre los apoyos del pórtico. Una vez colocadas las correas y las cerchas, se colocarán los arriostramientos en los pares de vigas más extremos.

**Colocación de las correas:** el ala superior de los perfiles IPE de la correas se colocará enrasado con el ala superior de la viga, teniendo que retranquear la correa para poder soldar su ala inferior y alma con el el alma de la viga. Se dispondrá de una correa cada tres metros desde los apoyos hacia la parte posterior del edificio y otra en borde en voladizo de las vigas.

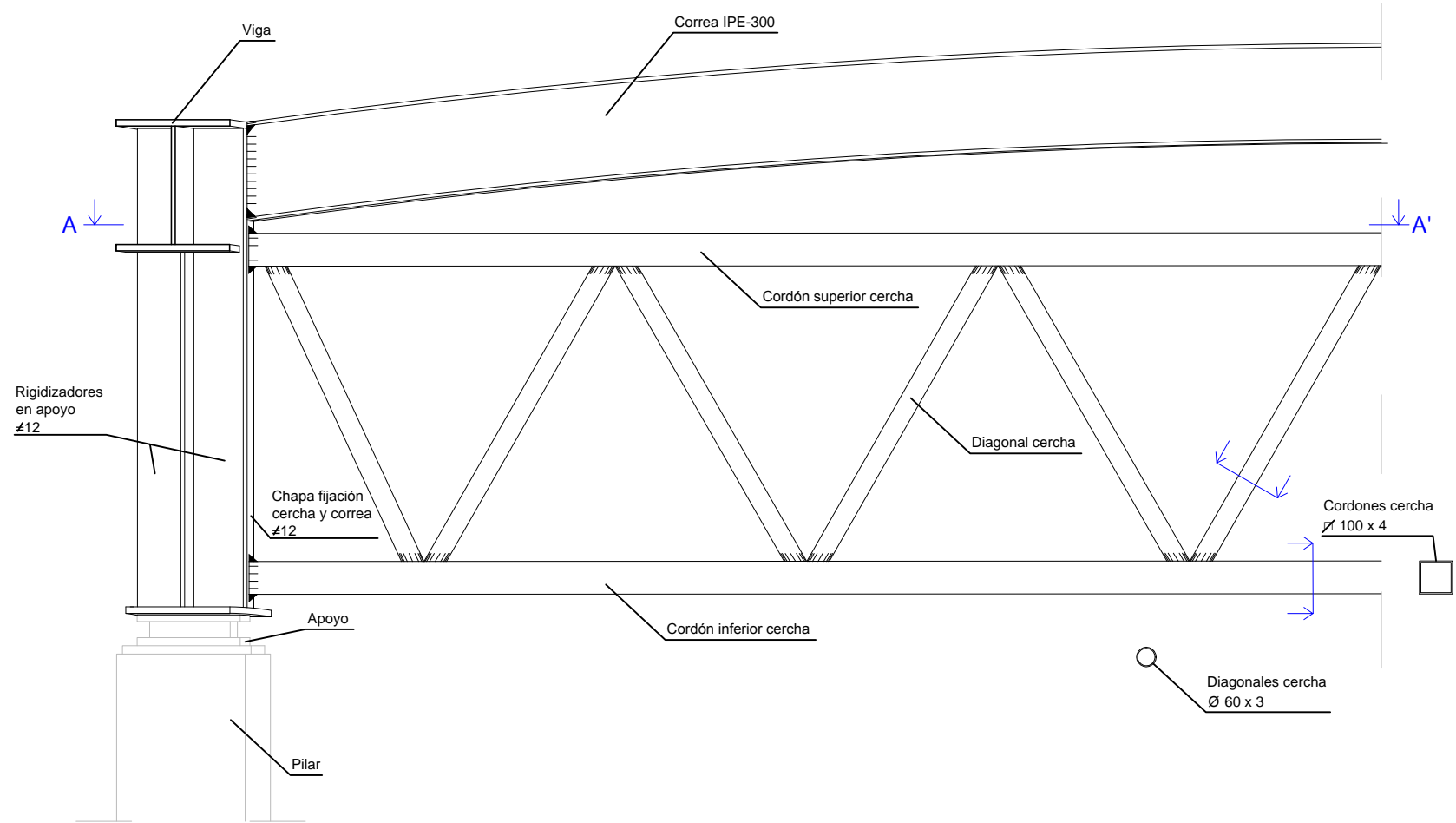
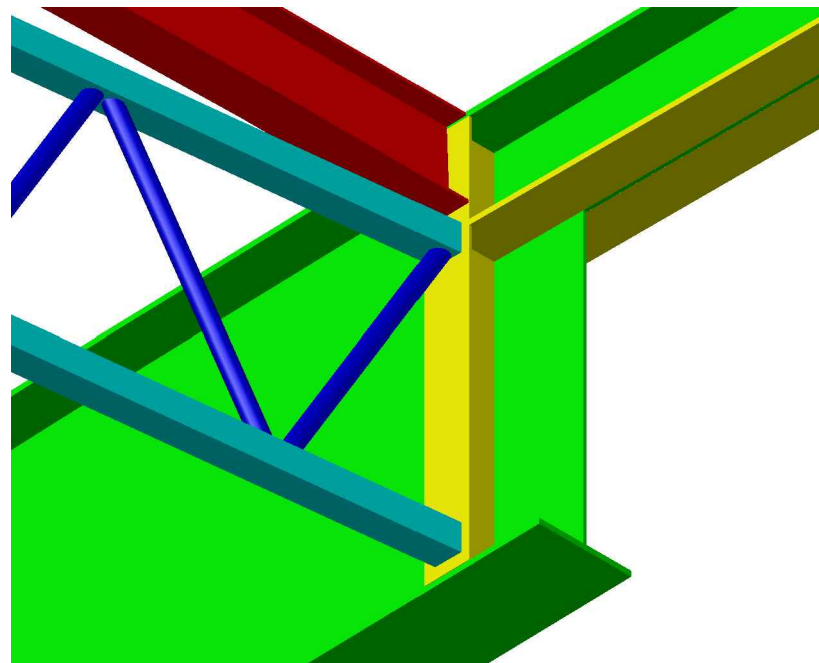




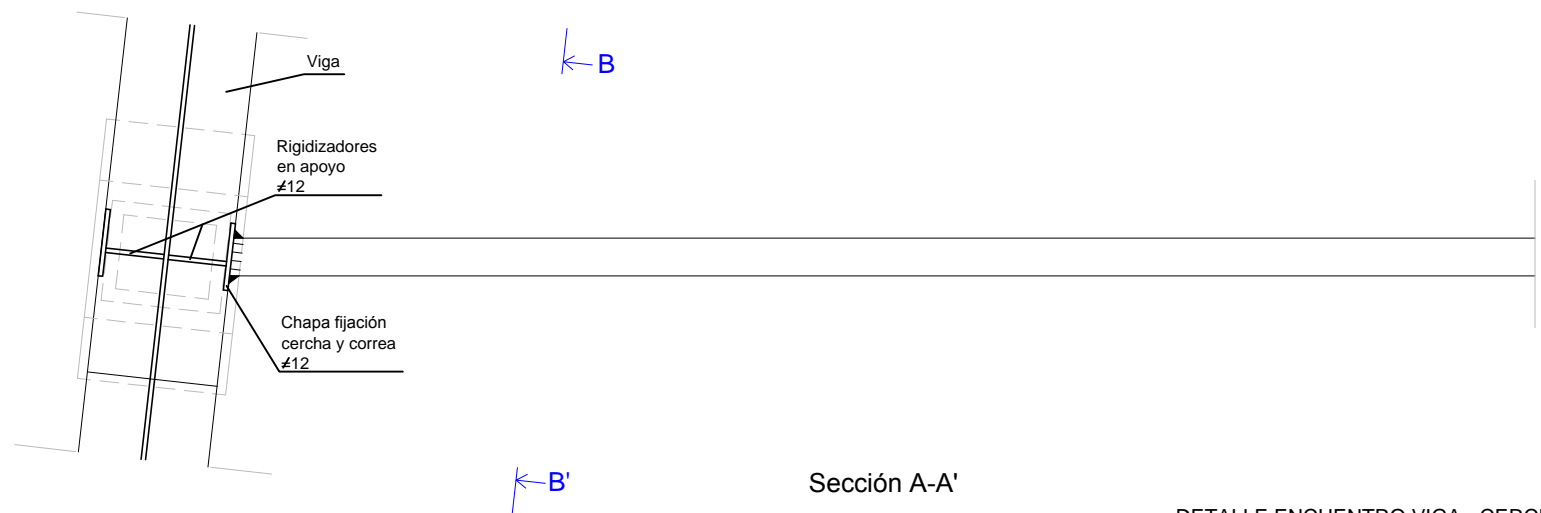
**Colocación de las cerchas:** debido a la disposición del rigidizador en la zona del apoyo de la viga, la correa IPE-300 y la cercha se soldarán a tope sobre una chapa, la cual irá soldada a las alas de la viga y a las piezas rigidizadoras en todos sus puntos de contacto.



Sección B-B' (sin correa ni cercha)



Alzado

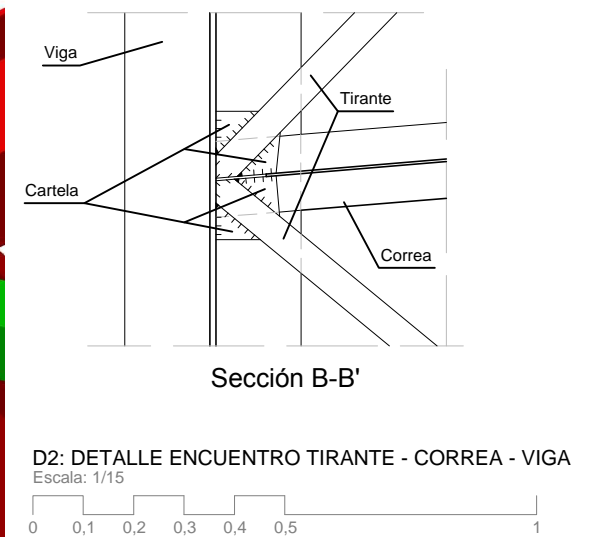
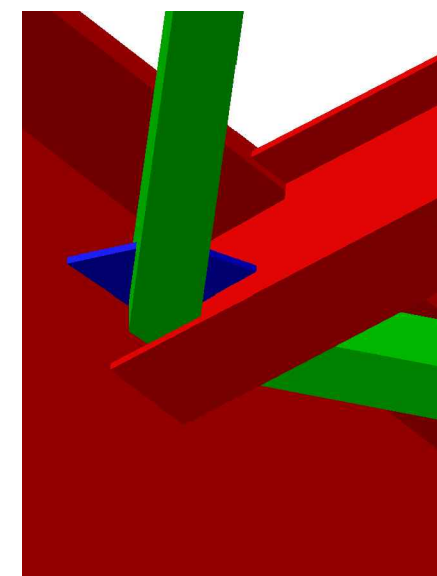
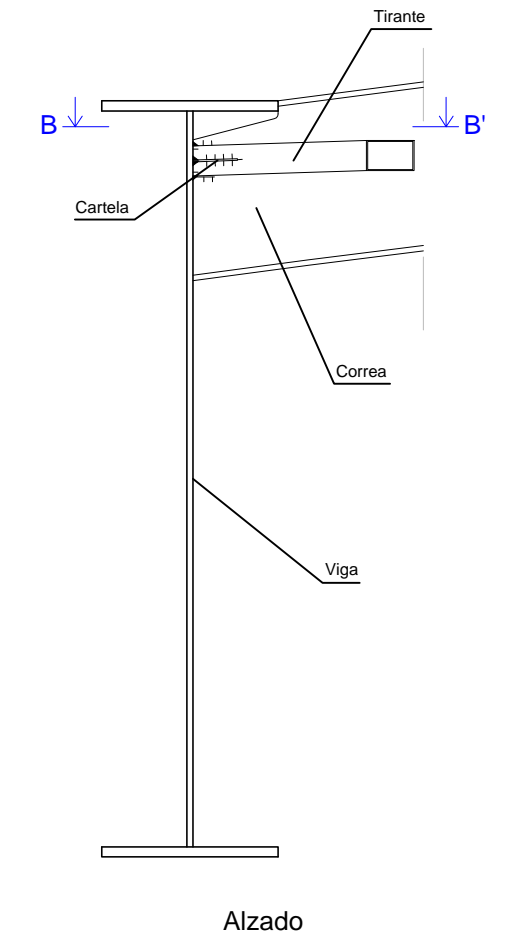
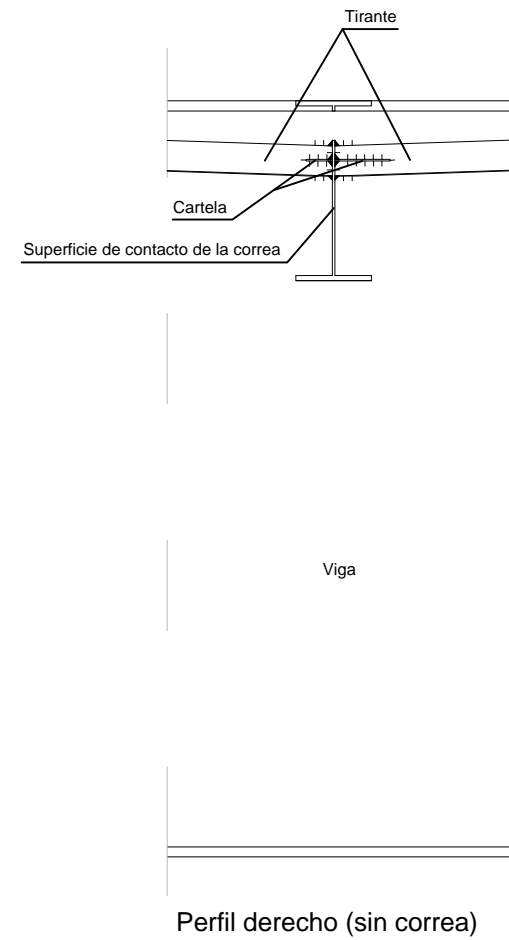
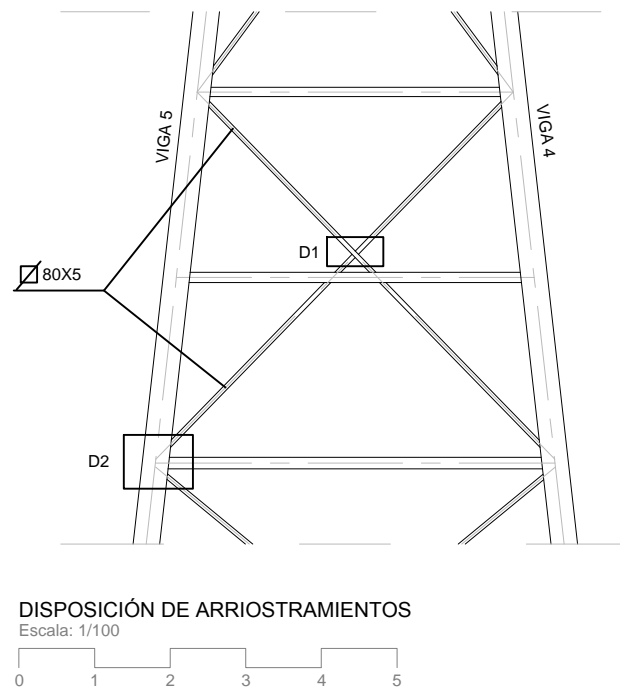
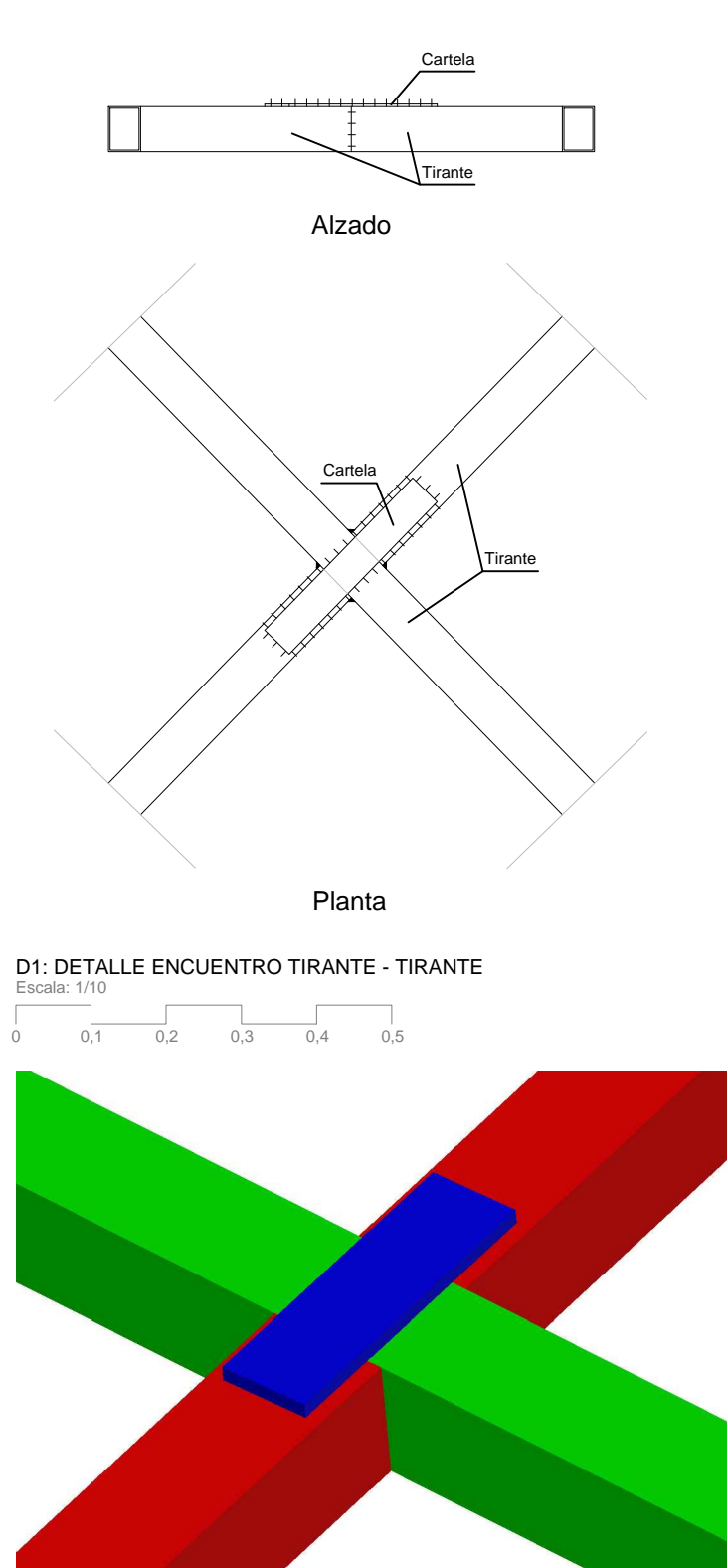


Sección A-A'

DETALLE ENCUENTRO VIGA - CERCHA Y CORREA  
Escala: 1/20

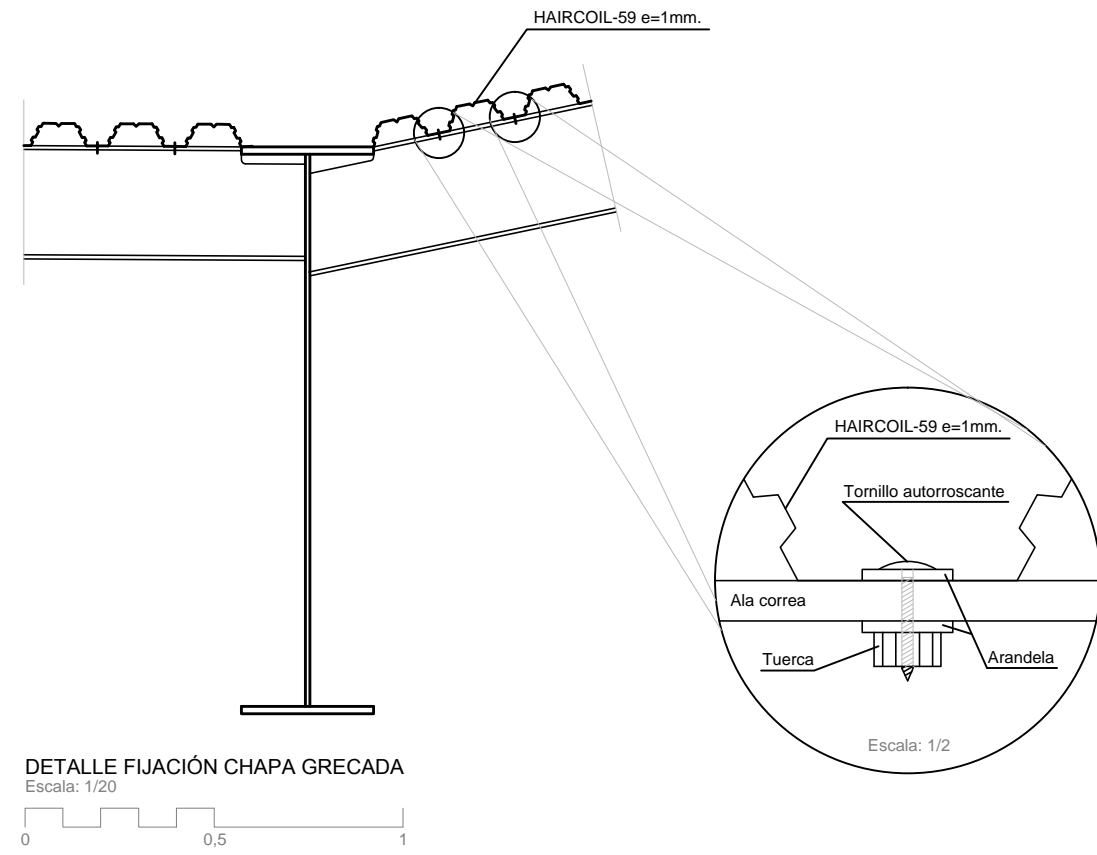


**Arriostramientos:** en los lóbulos extremos se colocarán arriostramientos compuestos por dos tirantes en cruz de San Andrés uniendo las dos vigas con el fin de que éstos absorban los momentos flectores resultantes producidos en la viga más externa al ser contrarrestados por no existir otro lóbulo contiguo que transmita momentos flectores en sentido contrario.

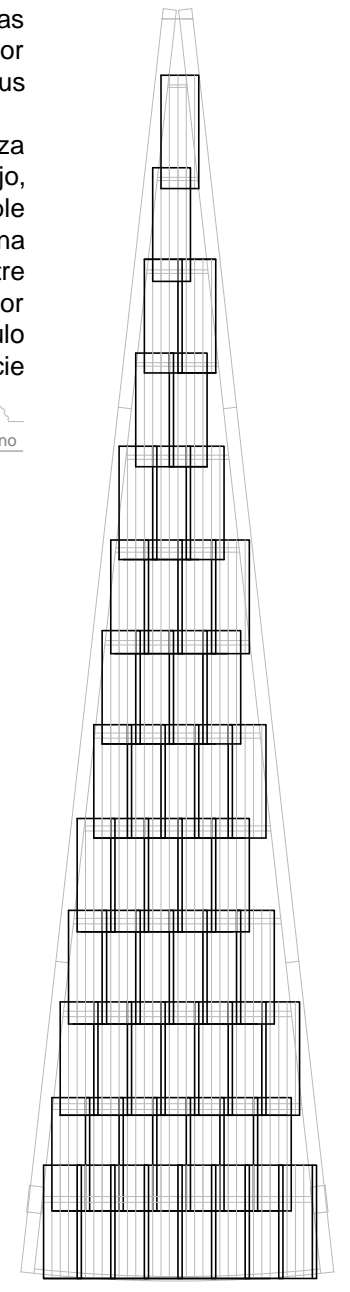
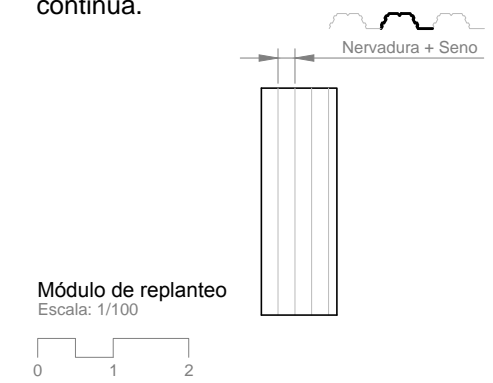


# Fase 4

Realizada la estructura metálica, se comenzará a colocar las láminas de chapa grecada, colocándolas con la dirección de sus nervios perpendicular a las correas de cada uno de los lóbulos. Estas placas serán fijadas con tornillos autorroscante de 6,30 mm. a la estructura metálica en cada onda o cada 200 mm. Las láminas de de borde de lóbulo serán recortadas en caso de ser necesario para adaptarse a la forma del mismo. Las placas de chapa grecada serán izadas con el la grúa autopropulsada de brazo telescópico y apoyadas en las correas, ya que las distancia entre éstas es menor que la longitud de las láminas de chapa grecada. Los solapes entre las chapas se atornillarán con un tornillo autotaladrante de 4,80 mm. cada 250 mm.



Las chapas grecadas son colocadas perpendicularmente a las correas, por lo que es imposible colocar sus nervaduras radialmente. Su replanteo de colocación comienza desde una de las vigas del gajo, rellenando la máxima área posible con el solape entre chapas de una nervadura. Los huecos creados entre la chapa y la viga serán salvados por otras chapas cortadas con el ángulo deseado creando una superficie continua.



Módulo de replanteo  
Escala: 1/100

LÓBULO CON DISPOSICIÓN DE CHAPAS GRECADAS  
Escala: 1/200



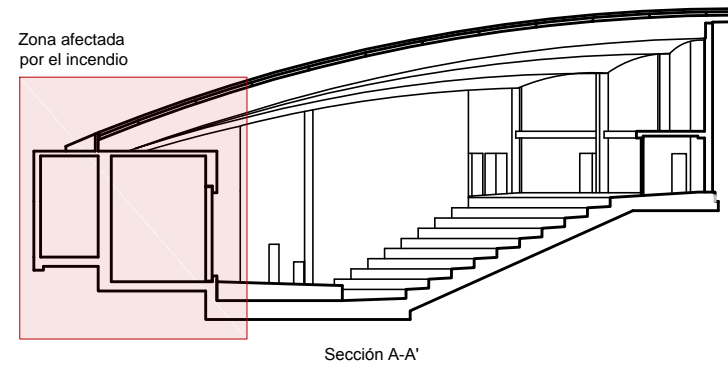
(Figura 6.4) Chapa grecada



(Figura 6.5) Resaltos de adherencia de la chapa grecada Haircol-59

# Fase 5

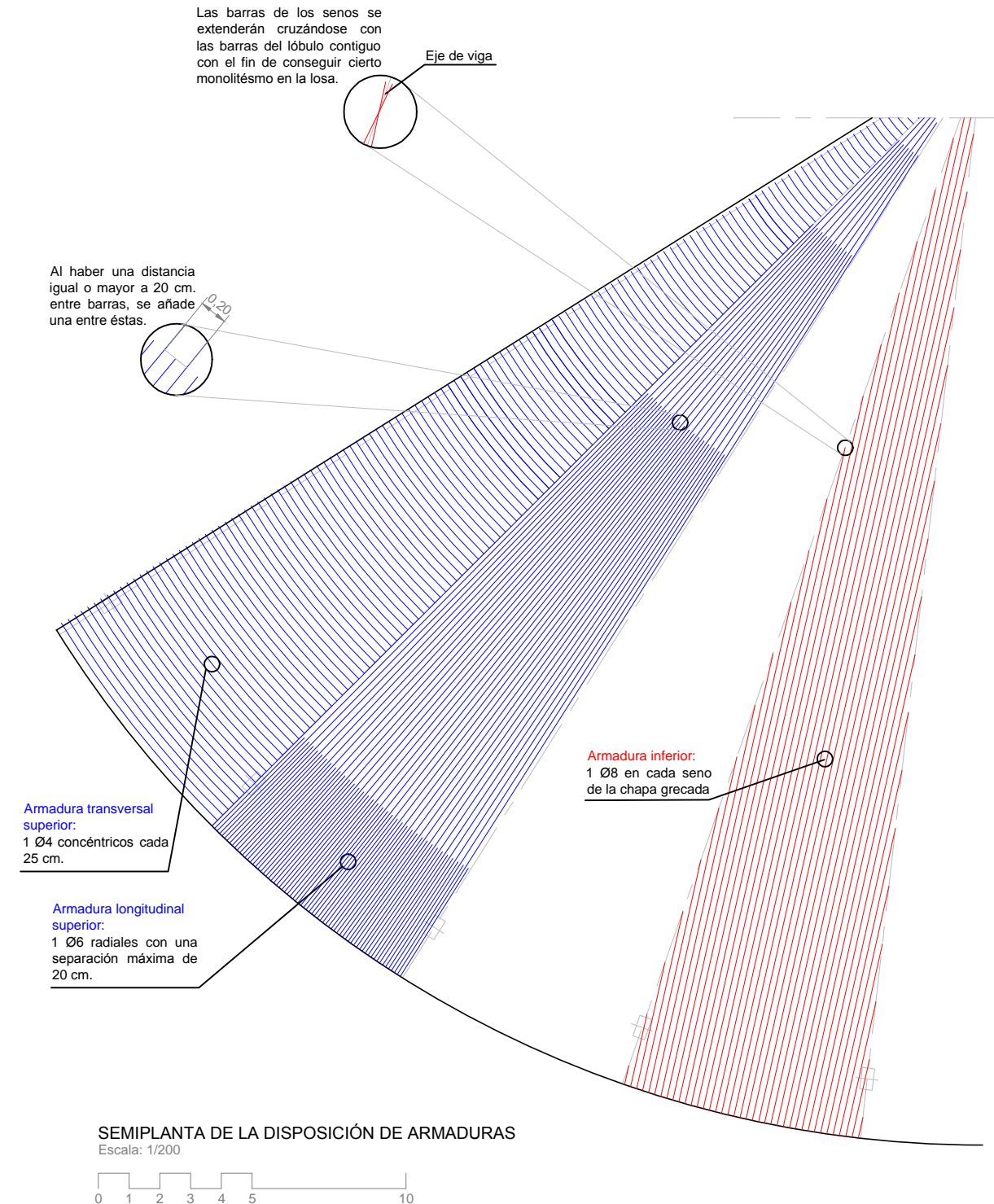
Una vez colocada toda la chapa grecada, hubo un incidente. Mientras el panel acrílico se colocaba y sellaba se produjo un incendio que superó los 2.000 °C. Estas altas temperaturas redujo a escombros el acrílico y deterioró el apoyo interior de las vigas, con lo que hubo que apuntalar la estructura metálica, cortar las vigas por su primer cambió de perfil desde el apoyo afectado y retirar este primer tramo de perfiles y correas permitiendo la retirada de escombros por el hueco realizado. Las obras de la cubierta del Auditorio Mar Rojo estuvieron paralizadas (a excepción de la reconstrucción del apoyo de las vigas) durante 7 meses,, lo que se tardó en hacer el panel acrílico de nuevo y recibirlo en obra. El acrílico fue introducido en el edificio por el hueco aun abierto en la cubierta, ya que era el único sitio por el que cabía. Una vez ya colocado y sellado debidamente el panel del acuario, se volvieron a soldar los perfiles retirados en su sitio correspondiente. Para garantizar su refuerzo se colocaron cruces de San Andrés en los tramos retirados de forma intercalada.



(Figura 6.6) Hueco abierto en la cubierta por el incidente

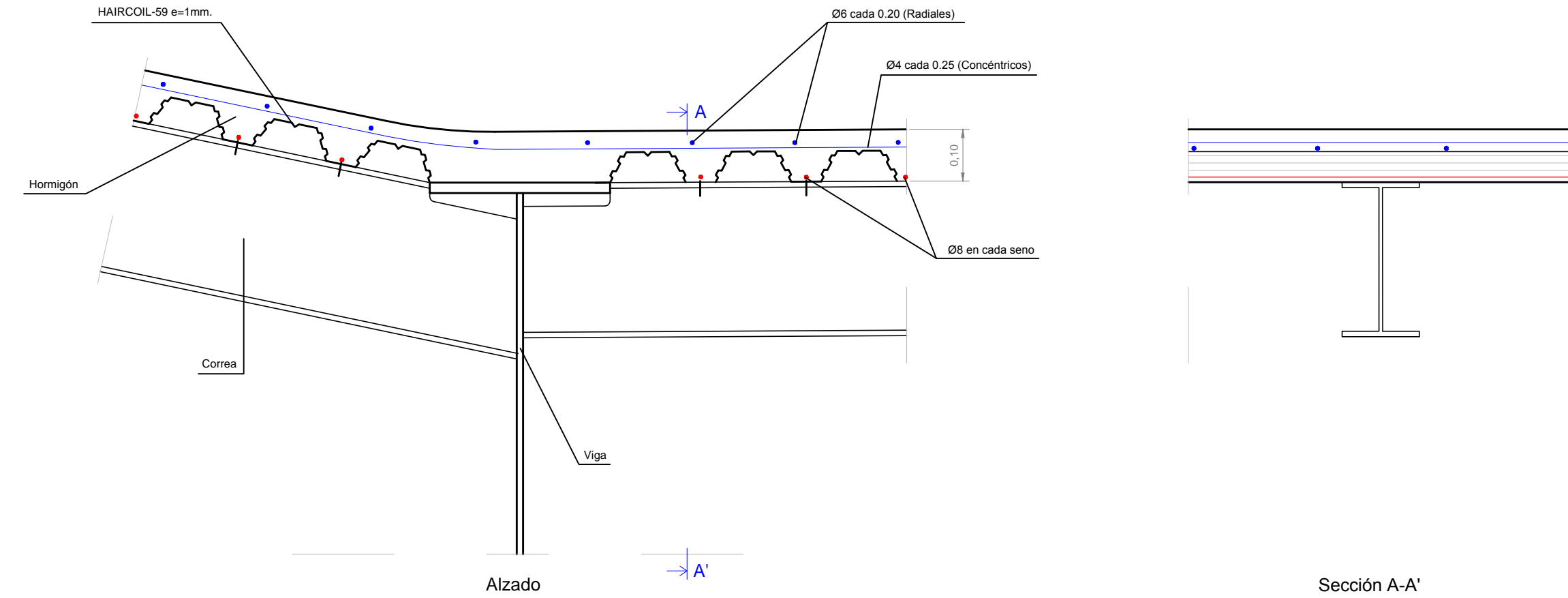
# Fase 6

La Fase 6 consiste en la colocación del armado de la losa de hormigón sobre la chapa grecada, la cual aparte de trabajar en el forjado encargándose de resistir las tracciones, actuará también como encofrado perdido del hormigón.



# Fase 7

En la Fase 7 se hormigonará la cubierta. El hormigonado se realizará mediante cubilote, izado por una grúa autopropulsada con brazo telescópico, que lo acercará hasta la zona a verter en cada momento. Los operarios se encargarán de dar al hormigón la forma deseada, con un espesor continuo de 10 cm.



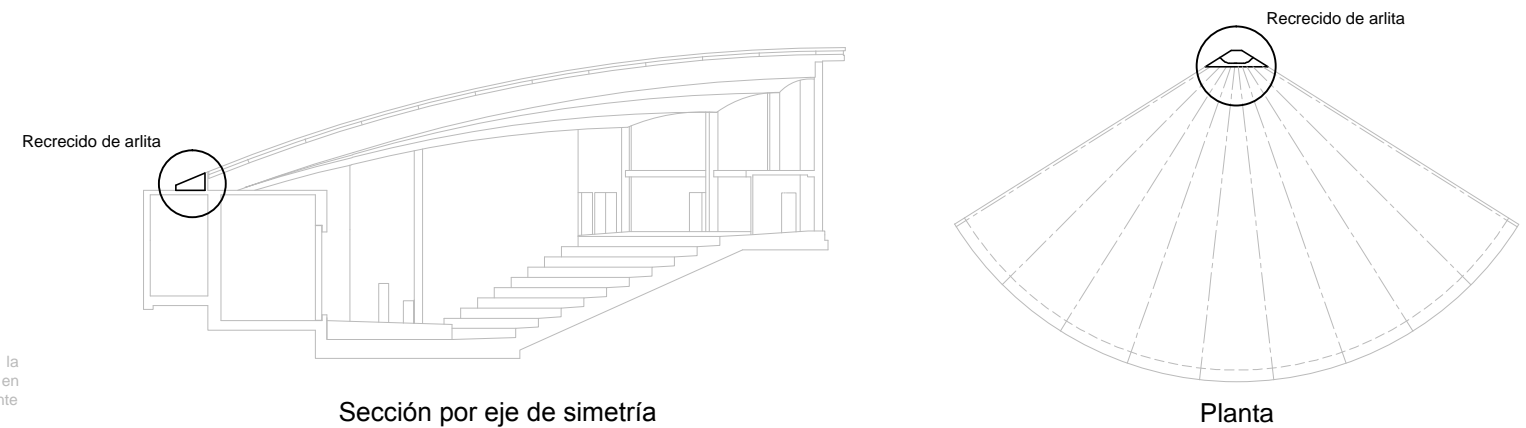
DETALLE FORJADO COMPUESTO  
Escala: 1/10  
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5

Tras esto, se hará un recreido con hormigón aligerado con arlita\* desde el apoyo de las vigas sobre el muro trasero del tanque hasta el vértice posterior de la cubierta.



(Figura 6.7) Arlita

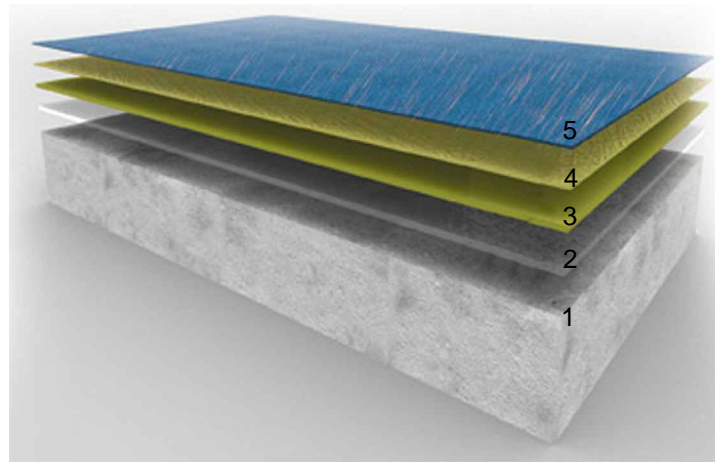
Arlita: árido cerámico de gran ligereza empleado en la construcción como relleno para formar pendientes en cubiertas planas, recreidos para soleras, y aislante térmico.



# Fase 8

Con la cubierta ya hormigonada, únicamente queda añadir la impermeabilización en su trasdós y proyectar lana de roca como material ignífugo por la parte inferior de la estructura de la cubierta para protegerla del fuego.

**La lámina impermeabilizante:** está formada por cuatro capas. Esta impermeabilización, protege a la losa de hormigón de posibles fisuras y grietas provocadas por los agentes meteorológicos.



(Figura 6.8) Esquema desglose de la impermeabilización

1. Soporte de hormigón
2. Consolidación y adherencia: ligantes poliméricos de última generación.
3. Capa elastomérica.
4. Refuerzos epoxi-fibra de vidrio.
5. Capa de autoprotección acorde con las solicitudes previstas (ataque químico, radiación U/V, agentes atmosféricos)



(Figura 6.9) Impermeabilización

**La proyección ignífuga:** en el intradós de la cubierta, se proyectará lana de roca, recubriendo todas las superficies de la estructura, asegurándose de no dejar ningún área sin proteger. Esta proyección, demorará notablemente el colapso de la cubierta en caso de producirse un incendio en el interior del edificio.



(Figura 6.10) Protección ignífuga

# Resumen de la ejecución (lóbulo central)

**Fase 1:** -Ejecución de apoyos  
-Soldadura de las secciones de las vigas

**Fase 2:** -Colocación de las vigas en apoyos mediante grúa autopropulsada telescópica

**Fase 3:** -Fijación de correas, cerchas y arriostramientos en los lóbulos extremos

**Fase 4:** -Fijación de la chapa grecada

**Fase 5:** -Creación del hueco con motivo del incendio  
Perfil retirado

**Fase 6:** -Recolocación de los perfiles retirados  
-Colocación de las armaduras de la losa

**Fase 7:** -Hormigonado de la losa mediante cubilote

**Fase 8:** -Impermeabilización y proyección ignífuga

# Cubierta finalizada



(Figura 6.11) Vista general



(Figura 6.12) Vista posterior



(Figura 6.13) Vista lateral



(Figura 6.14) Vista de las curvas frontales



# 7 Anexos

# 7 Anexos

## Referencias de imágenes

### 1. Superficie

- Figura 1.1: <<http://www.todocoleccion.net/riada-valencia-1957-paseo-valencia-mar~x16997407>> [Consulta: 12 de junio de 2012] pág. 5
- Figura 1.2: <<https://aeronoticiarioscq.wordpress.com/2010/11/03/valencia-un-poco-mas-cerca/>> [Consulta: 12 de junio de 2012] pág. 5
- Figura 1.3: <[www.google.com](http://www.google.com)> [Consulta: 12 de junio de 2012] pág. 5
- Figura 1.4: Elaboración propia pág. 5
- Figura 1.5: <[www.google.com](http://www.google.com)> [Consulta: 12 de junio de 2012] pág. 5
- Figura 1.6: Elaboración propia pág. 5
- Figura 1.7: Elaboración propia pág. 5
- Figura 1.8: Elaboración propia pág. 5
- Figura 1.9: Elaboración propia pág. 5

### 3. Análisis arquitectónico

- Figura 3.1-8: <<http://www.tesis.ufm.edu.gt/ARQ/2004/75636/Para%20P%E1gina%20Web.htm>> [Consulta: 2 de mayo de 2012] pág. 14
- Figura 3.9: <<http://moleskinearquitectonico.blogspot.com.es/2008/01/esplanade-teatros-en-singapur.html>> [Consulta: 2 de mayo de 2012] pág. 14
- Figura 3.10: <<http://www.tesis.ufm.edu.gt/ARQ/2004/75636/Para%20P%E1gina%20Web.htm>> [Consulta: 2 de mayo de 2012] pág. 14
- Figura 3.11: <<http://victortsu.tumblr.com/post/7568427841/market-at-royan-france-another-one-found-at>> [Consulta: 8 de mayo de 2012] pág. 15
- Figura 3.12: <<http://webman.developpez.com/articles/securite/salon/infosecurity/2006/>> [Consulta: 8 de mayo de 2012] pág. 15
- Figura 3.13: <<http://www.jotdown.es/2011/11/los-hypars-de-felix-candela-y-ii/>> [Consulta: 8 de mayo de 2012] pág. 15
- Figura 3.14: <<http://anengineersaspect.blogspot.com.es/2009/10/27-heinz-isler-concrete-thin-shells-on.html>> [Consulta: 8 de mayo de 2012] pág. 15
- Figura 3.15: Universidad Politécnica de Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 2010, *Félix Candela. Centenario 2010: la conquista de la esbeltez*, Ricardo S. Lampreave, Madrid. pág. 15
- Figura 3.16: <<http://glage.exblog.jp/13044621/>> [Consulta: 8 de mayo de 2012] pág. 15
- Figura 3.17: <<http://www.dhk.ca/pages/rix.html>> [Consulta: 8 de mayo de 2012] pág. 15
- Figura 3.18: <<http://www.dhk.ca/pages/rix.html>> [Consulta: 8 de mayo de 2012] pág. 15

- Figura 3.19: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 16
- Figura 3.20: Cesión de Marco, E. pág. 16

### 5. Análisis estructural

- Figura 5.1: CIVIS Project Management, 2003, *Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, Pliego Digital, Valencia. pág. 25
- Figura 5.2: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 25
- Figura 5.3: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 26
- Figura 5.4: CIVIS Project Management, 2003, *Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, Pliego Digital, Valencia. pág. 26
- Figura 5.5: CIVIS Project Management, 2003, *Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, Pliego Digital, Valencia. pág. 27
- Figura 5.6: Cesión de Giner, M. M. pág. 28
- Figura 5.7: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 28
- Figura 5.8: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 29

### 6. Análisis constructivo

- Figura 6.1: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 31
- Figura 6.2: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 31
- Figura 6.3: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 37
- Figura 6.4: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 41
- Figura 6.5: CIVIS Project Management, 2003, *Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, Pliego Digital, Valencia. pág. 41
- Figura 6.6: Cesión de Sanchis, F. J. pág. 42
- Figura 6.7: CIVIS Project Management, 2003, *Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, Pliego Digital, Valencia. pág. 43
- Figura 6.8: CIVIS Project Management, 2003, *Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, Pliego Digital, Valencia. pág. 44
- Figura 6.9: CIVIS Project Management, 2003, *Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, Pliego Digital, Valencia. pág. 44
- Figura 6.10: CIVIS Project Management, 2003, *Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, Pliego Digital, Valencia. pág. 44
- Figura 6.11: Elaboración propia pág. 46
- Figura 6.12: Elaboración propia pág. 46
- Figura 6.13: Elaboración propia pág. 46
- Figura 6.14: Elaboración propia pág. 46

---

## Referencias de texto

Cita 1: CIVIS Project Management, 2003, Anejo nº6: Definición de tanques, *Proyecto modificado nº2: Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, pag. 47 pág. 2

## Bibliografía

Universidad Politécnica de Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 2010, *Félix Candela. Centenario 2010: la conquista de la esbeltez*, Ricardo S. Lampreave, Madrid.

CIVIS Project Management, 2003, *Parque Oceanográfico Universal de Valencia*, Pliego Digital, Valencia.

FCC Construcción S.A., 2003, *Premio Fomento de la Calidad 2003: Parque Oceanográfico en Valencia. "Obra Excelente del Año"*, FCC Construcción S.A., Valencia

## Recursos electrónicos

<[www.google.es](http://www.google.es)>  
<[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)>  
<[www.cac.es/oceanografic/](http://www.cac.es/oceanografic/)>  
<[www.fccco.es](http://www.fccco.es)>

## Planos

Planos cedidos por FCC Construcción S.A.

## Cubierta del auditorio Mar Rojo



Juan José García Calderón

