

**RAZÓN Y SER DE LOS TIPOS ESTRUCTURALES** ... ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TEATRO Y AUDITORIO MUNICIPAL DE TORREVIEJA

AUTOR: DAVID SAPENA BONDIA

TUTORA: ANA ALMERICH CHULIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

TFG



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA

# AUDITORIO MUNICIPAL TORREVIEJA



## RESUMEN

-El edificio del teatro municipal de Torrevieja proyectado por Alejandro Zaera y Antonio Marquerie en 2006 con un diseño rompedor es un referente de arquitectura contemporánea presente para muchos y estuvo expuesto en el MOMA de Nueva York como uno de los representantes de la arquitectura española.

Un volúmen ciego flotando en una de las mas históricas plazas de Torrevieja, es todo un alarde estructural que tuvo polémica y que sin duda ha dejado huella en la ciudad.

Una losa flotando con el uso de grada y con aforo para 650 personas. Analizaremos como se sostiene y las decisiones de proyecto y estructura que se tomaron. Pues no es inmediato su conocimiento y sin duda es una muestra del ingenio de los arquitectos.

El análisis detallado tanto constructivamente como estructuralmente y sobretodo la posterior modelización informática, con las tensiones y deformaciones correspondientes, nos dirá la conveniencia del sistema estructural que no es otro que el de proyecto.

## RESUM

L'edifici del teatre municipal de Torrevieja projectat per Alejandro Zaera i Antonio Marquerie en 2006 amb un disseny innovador és un referent d'arquitectura contemporània present per a molts, i va estar exposat en el MOMA de Nova York com un dels representants de l'arquitectura espanyola.

Un volum cec surant en una de les mas històriques places de Torrevieja, és tota una ostentació estructural que va tindre polèmica i que sens dubte ha deixat empremta en la ciutat.

Una llosa surant amb l'ús de grada i amb aforament per a 650 persones. Analitzarem com se sosté i les decisions de projecte i estructura que es van prendre. Perquè no és immediat el seu coneixement i sens dubte és una mostra de l'enginy dels arquitectes.

L'anàlisi detallat tant constructivament com estructuralment i sobretot la posterior modelització informàtica, amb les tensions i deformacions corresponents, ens dirà la conveniència del sistema estructural que no és un altre que el de projecte.

-Paraules clau: Alejandro Zaera, Torrevieja, anàlisi estructural, model d'elements finits, formigó postesat.

## ABSTRACT

The building for the Municipal Theatre of Torrevieja designed by Alejandro Zaera and Antonio Marquerie in 2006, is a breakthrough design and an example of contemporary architecture for many. It was displayed in the New York MoMA as a representative of Spanish Architecture.

A floating unperforated volume in one of Torrevieja's most historic plazas is a structural show that was largely polemic, and has left its mark on the city.

A floating slab serves as the tiered seating with a capacity for 650 spectators. We will analyze how it is sustained and the decisions that were taken in the design and structural process. These decisions are definitely not immediate, and are undoubtedly an indication of the architects' ingenuity.

The detailed design and structural analysis, and especially the digital modeling of the latter, with the corresponding strains and deformations, will show us the convenience of the structural system, as well as the project's suitability.

Keywords: Alejandro Zaera, Torrevieja, structural analysis, finite elements model, post-tensioned concrete.

## OBJETO

En este trabajo se estudiará el edificio del Teatro y auditorio municipal de Torrevieja (Alicante).  
Proyectado en 2006 por Alejandro Zaera Polo (FOA) y Antonio Marquerie Tamayo (ARQUEM) es un claro ejemplo de arquitectura contemporánea. Volumen, estructura, y espacio se funden en una obra singular en una de las ciudades mas turísticas de España.

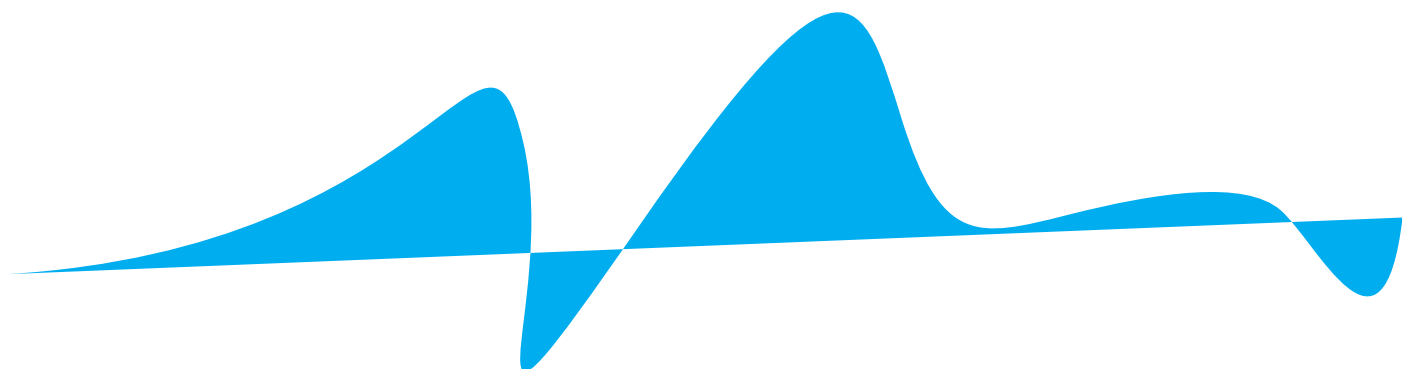
En primer lugar se realizará la introducción que nos permita entender el contexto histórico, político y social del lugar así como el pasado y presente de la ocupación. Daremos a conocer a los arquitectos describiendo su carrera profesional a través de su persona y su obra.  
Se pretende así establecer las bases y entender las motivaciones que desembocaron en el edificio que finalmente se construyó y que hoy analizamos.

En el siguiente apartado se describirá el edificio desde el punto de vista de proyecto. Se comentarán las decisiones tomadas y los objetivos que los arquitectos tenían en la concepción del auditorio. Una pincelada de cuán importante es la concepción del proyecto a través de su estructura.

Posteriormente explicaremos como han sido posibles las determinaciones de proyecto desde el punto de vista de la estructura. Con la descripción de cada uno de los elementos estructurales más importantes, que como veremos son muy variados. Se explicará su función de manera detallada conceptual y gráficamente, que darán paso al siguiente capítulo: la modelización informática.

En el bloque más importante del trabajo se analizarán los resultados obtenidos mediante el modelo estructural de elementos finitos realizados por ordenador. Se estudiará detalladamente cada uno de los elementos estructurales, lo cual nos permitirá conocer el comportamiento del conjunto.

Por último se desarrollarán las conclusiones del estudio realizado.





# ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	6
1.1 CONTEXTO HISTÓRICO	6
1.2 ARQUITECTOS	8
1.2.1 ALEJANDRO ZAERA POLO	8
PERSONA	8
OBRA	9
1.2.2 ANTONIO MARQUERIE TAMAYO	12
PERSONA	12
OBRA	13
2 PROYECTO	16
3 ESTRUCTURA	20
3.2 CONCEPTO Y DESCRIPCIÓN	20
3.2 ESTRATIFICACIÓN POR ALTURA	22
3.3 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	24
3.3.1 LOSA DE LA PLATEA	24
3.3.2 VIGA DE CUELGUE P2	26
3.3.2 MURO VOLADO P3	28
3.3.4 VIGAS PREFABRICADAS POSTESADAS	30
3.3.5 CERCHAS DE CUBIERTA	32
3.3 POSTESADO	34
4 MODELO	36
4.1 CONCEPTO Y DESCRIPCIÓN	36
4.2 ASIGNACIÓN DE CARGAS	37
4.2.1 CARGAS PERMANENTES	37
4.2.2 CARGAS VARIABLES	38
4.3 COMBINACIÓN DE CARGAS	40
4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS	42
4.4.1 ANÁLISIS GENERAL	42
4.4.2 LOSA DE LA PLATEA	44
4.4.3 MURO EN VOLADIZO	46
4.4.4 VIGAS PREFABRICADAS	48
4.4.5 CERCHAS DE CUBIERTA	49
5 CONCLUSIONES	50
6 BIBLIOGRAFÍA	52

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 CONTEXTO HISTÓRICO

En la plaza Miguel Hernández y delimitado por las calles Patricio Pérez y Clemente Gosálvez se encuentra el Teatro Municipal de Torrevieja. Se ubica en el centro de Torrevieja y al lado de su puerto, así pues, goza de un emplazamiento privilegiado.

Este teatro o auditorio lleva cumpliendo su función desde el siglo XIX y ha sido reformado, derribado y reconstruido hasta tal punto que prácticamente lo único en común que apreciamos entre el que existió entonces y el que vemos ahora es el uso. [4]

Siempre ha tenido una función de teatro, cine o auditorio, en general un lugar donde la gente se reunía para prestar atención a lo que había en el escenario que no eran siempre obras de teatro o películas, también albergó mítins políticos desde que se construyó. Por ejemplo, Nicolás Salmerón, jefe del partido republicano en 1904 o Manuel Fraga Iribarne, presidente de la Alianza Popular en 1981. Ambos como muchos otros llenaron los aforos pidiendo el voto. [1]

El 6 de diciembre del año 1925 el edificio se inauguró como Nuevo Cinema, popularmente conocido como el “cine de invierno”. Dada su relevancia arquitectónica y urbanística, fue declarado protegido e incluido en el catálogo municipal de elementos protegidos del Plan General de Ordenación Urbana de Torrevieja, aprobado en 1986.

En 1998 se presentó el proyecto de rehabilitación del edificio, pero fue poco afortunada y declarándose que había inseguridad en el muro de la fachada principal, se demolió completamente sin tener en cuenta que era un elemento protegido.

En el solar que dejó la demolición se empezó a construir en diciembre de 2003 el actual teatro, el Teatro Municipal de Torrevieja proyectado por los arquitectos Alejandro Zaera y Antonio Marquerie con un diseño innovador que no guarda similitudes aparentes con el Nuevo Cinema.

Con un presupuesto inicial de 6.429.191 euros, aunque tuvo un sobrecoste posterior de 3,4 millones de euros, fue inaugurado el 28 de junio de 2006. [2]



IMAGEN 1.1 Fachada del teatro Nuevo Cinema al poco tiempo de su construcción.

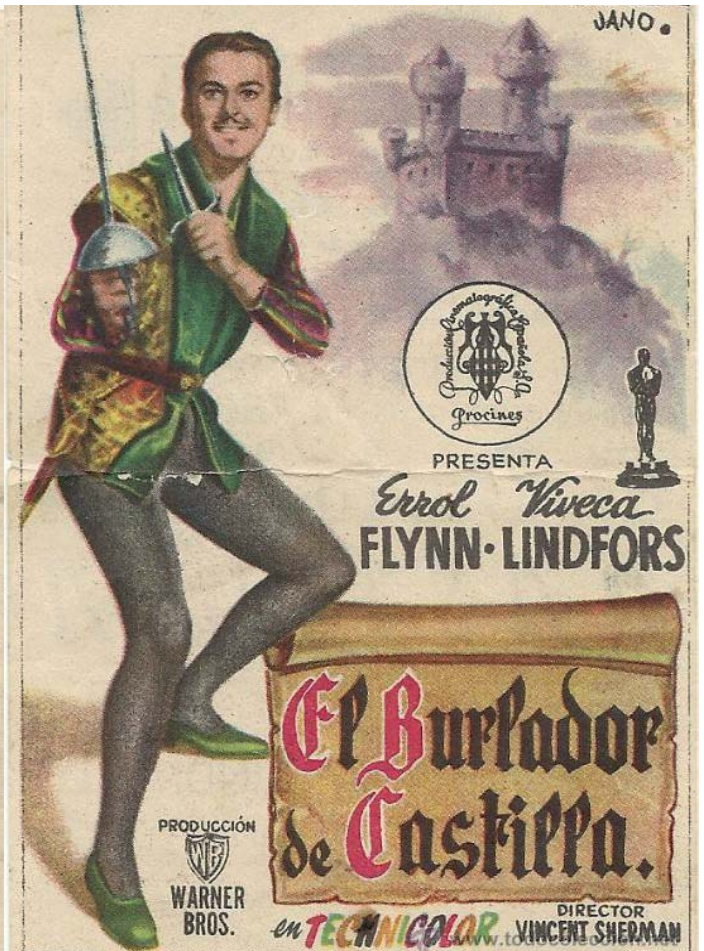


IMAGEN 1.2 Cartel del 8 de abril de 1951 de Nuevo Cinema.

IMAGEN 1.3 Cartel de la primera película emitida en Nuevo Cinema.

El sobrecoste final del edificio, el derribo y la destrucción del Nuevo Cinema, un edificio protegido y catalogado en el P.G.O.U., además del hecho de que se cerró el 3 de septiembre de 2015 por problemas legales y patologías constructivas, ha producido un descontento generalizado en los ciudadanos de Torrevieja. [2] [3]

Actualmente, estas deficiencias están siendo subsanadas y se pretende reabrir el auditorio próximamente. [4]

Sin embargo, es un ejemplo de arquitectura moderna de nuestro país y junto otras 52 obras, representó a la arquitectura española en el MOMA de Nueva York en una exposición inaugurada por la ex-presidenta de la Comunidad de Madrid, Esperanza Aguirre y que recibió más de un millón de visitas. La exposición se inauguró en septiembre del 2006 y perduraría hasta enero del 2007.



IMAGEN 1.4 Comparación del estado antiguo con el estado actual del auditorio.

## 1.2 ARQUITECTOS

### 1.2.1 ALEJANDRO ZAERA POLO

#### -PERSONA

Nacido el 1963 en Madrid, Alejandro Zaera estudia en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid en el 1981 y concluiría sus estudios en el 1987. [7]

Ya arquitecto, se marcha a estudiar un máster en arquitectura en The Graduate School of Design de la Universidad de Harvard.

En el 1991/1992 colabora en la Office for Metropolitan Architecture (OMA) [5]. Pero es más adelante que, junto con Farshid Moussavi funda en Londres el estudio Foreign Office Architects (FOA), que surge como una de las prácticas de arquitectura y diseño urbano más innovadoras en los últimos años, caracterizada por combinar innovación tecnológica con el diseño.

FOA cerró en 2009 y tanto Alejandro Zaera como Farshid Moussavi fundan dos estudios por separado, Farshid Moussavi Architects (FMA) y Alejandro lanzaría su nuevo estudio con el nombre de Alejandro Zaera Polo & Mainer Llaguno-Munitxa ( AZPML). [6]

En paralelo a sus actividades profesionales, Alejandro Zaera-Polo ha desarrollado un papel importante a nivel académico. Ha sido director del Instituto Berlage en Rotterdam. También es profesor visitante en la Universidad de Princeton, Columbia y California, y ganador de la Cátedra Norman R. Foster en la Universidad de Yale.

Ha publicado una gran variedad de trabajos tanto prácticos como teóricos en El Croquis, Quaderns, A + U, Arch +, Volume, Log y muchas otras revistas internacionales. [8]



IMAGEN 2.1 Alejandro Zaera junto con Farshid Moussavi.



-OBRA:

-PABELLON ESPAÑOL EN LA EXPOSICIÓN INTERNACIONAL DE AICHI, JAPON 2005.

El pabellón presenta un aspecto vivo y colorido proporcionado por su envolvente compuesta por una red de hexágonos, que lo diferenciaba de las otras exposiciones. La característica innovadora de la red fue su patrón no repetitivo, obtenido mediante el uso de seis piezas de azulejos hexagonales. Cada una diferente y codificada con seis colores diferentes que resonaban con muchos elementos distintivos de la cultura española: Vino, rosas, sangre (corridos de toros), sol, arena... [9]

Se pretendía explotar la hibridación cultural como tema central de la historia española.

La tradición cultural española creció a partir de la hibridación de las culturas judío-cristianas que formaron Europa, así como de la ocupación islámica de la Península Ibérica entre los siglos VIII y XV.

El pabellón fue una oportunidad para explorar el potencial arquitectónico de este legado histórico específico.

Arcos, bóvedas, celosías y tracerías fueron identificados como pertenecientes tanto a culturas islámicas como cristianas. [10]

Contó con un presupuesto de 24 millones de euros. [10]



IMAGEN 2.2 Vista del pabellón español en la exposición internacional de Aichi, Japón 2005. [11]

-EL EDIFICIO JOHN LEWIS PARA EL DESARROLLO DE NEW SHIRES EN LEICESTER, INGLATERRA 2008.

El complejo contó con una superficie de 34000m<sup>2</sup> y un presupuesto de 44 millones de euros. [14]

La tienda John Lewis y el complejo Cineplex se sitúan en Leicester, en un bloque de la construcción que bordea al noroeste el camino transitado Vaughan y el sur-este el centro comercial Shires.

El conjunto explora nuevas vías para conectarse al contexto urbano y sus funciones complementariamente generan una continua actividad. [12]

Se desafían las envolventes en blanco convencionales que tipifican estos edificios y exploran nuevas maneras para que conecten con un contexto urbano.

Con el fin de producir una experiencia única para los visitantes y para hacer el edificio, único en Leicester. Mediante una serie de referencias culturales e históricas se proyecta una envolvente que anima el bloque y enriquece el comercio y la experiencia de ocio.



IMAGEN 2.3 Circulación de edificio John Lewis.



IMAGEN 2.4 Vista exterior del edificio John Lewis.



IMAGEN 2.5 Vista exterior del edificio John Lewis 2008.

-TERMINAL DE PASAJEROS EN YOKOHAMA, JAPON 2002.

Superficie: 48000m<sup>2</sup>

Presupuesto: 150 millones de euros [14]

Premio Internacional RIBA 2004

Premio Enric Miralles de Arquitectura 2004

Premio Kanagawa de Arquitectura 2003

Esta terminal innovadora representa una tipología de infraestructuras de transporte integrada con instalaciones urbanas.

En lugar de concebir el edificio como un objeto ajeno en el muelle, separado de su contexto, se proyecta como una extensión del muelle, albergando las funciones de la terminal y creando un gran parque urbano en la cubierta de la terminal.

Para garantizar la máxima vida urbana en toda la terminal, el edificio se organiza en torno a un sistema de circulación que sin duda desafía la estructura lineal característica de los muelles, utilizando una serie de bucles de circulación entrelazados diseñados para producir un flujo continuo además de un espacio multidireccional. Se rechaza desde un primer momento una entrada convencional con flujos de orientación fijos.

Todo esto no sería posible sin el objetivo de que el edificio sea una extensión del suelo urbano. [13]

Un sistema estructural híbrido, hecho de chapas de acero plegadas y vigas de hormigón soporta el edificio. La resistencia de los materiales minimiza la necesidad de soportes verticales y permite una planta en su mayoría abierta, mientras que la altura de la estructura permite una espectacular variedad de acondicionamiento de los espacios interiores.

Según los arquitectos, este esquema estructural es especialmente útil para hacer frente a las fuerzas laterales discontinuas de los movimientos sísmicos, una condición previa necesaria de los edificios de su tamaño en Japón. [13]

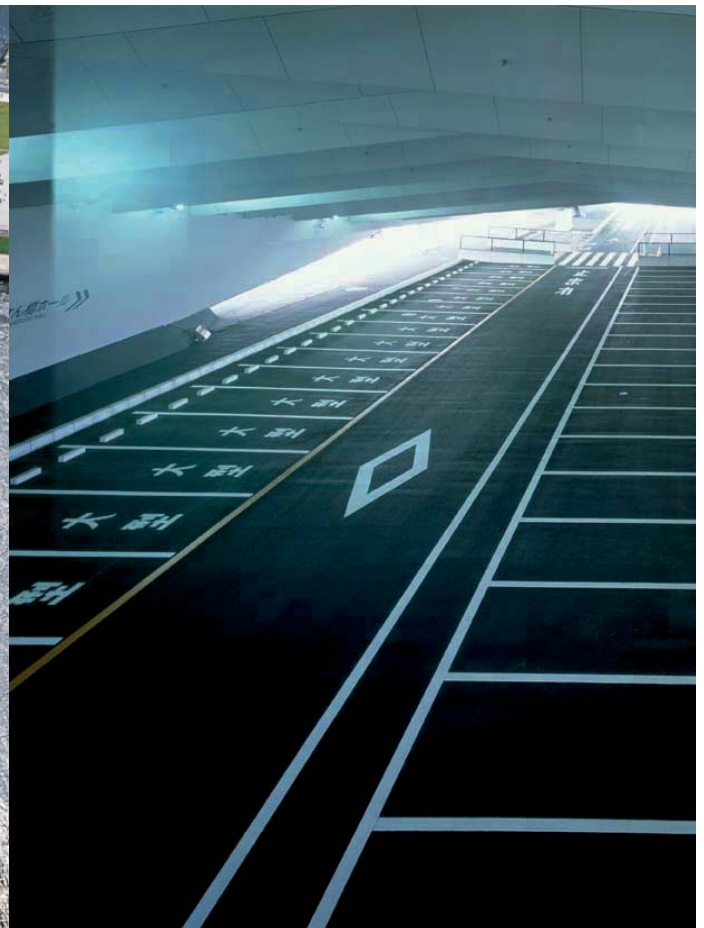


IMAGEN 2.6 Vista de pájaro de la terminal de pasajeros de Yokohama.

IMAGEN 2.7 Vista interior de la terminal, chapas de acero plegadas.

## 1.2.2 ANTONIO MARQUERIE TAMAYO

### -PERSONA

-1958 Nace en Madrid.

-1983 Se gradúa como Arquitecto en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica.

-1984 Comienza su ejercicio profesional abriendo oficina en Torrevieja (Alicante), ejerciendo como profesional liberal ininterrumpidamente hasta la actualidad.

-1987 Constituye la sociedad “Antonio Marquerie Arquitectos y Asociados S.L.”.

-2000 Constituye la sociedad “Torres y Marquerie Arquitectos S.L.”, asociado con D. José María Torres Nadal.

-2000 Obtención de la marca (Arquitectura Mediterránea)

-2001 Constituye la sociedad “Toyo Ito Spain & Associates S.L.”, asociado con D. Toyo Ito y D. José María Torres Nadal.

-2010 Registro de la Marca Arqem en Turquía, Irak y Arabia Saudita. Apertura de oficina comercial en Estambul (Turquía).

### PREMIOS EN CONCURSOS.

-2003 Primer premio. Teatro-Auditorio y Ordenación de la Plaza Miguel Hernández (Torrevieja-Alicante). En colaboración con D. Alejandro Zaera Polo.

-2006 Primer premio. Conjunto Residencial de 620 Viviendas, Jardines, Aparcamientos y Centro Dotacional de Prado Viejo. Logroño. En colaboración con D. Darío I. Gazapo de Aguilera y D. Fernando Parrilla. Bajo la supervisión de Toyo Ito.

### OTROS.

-1998 Coordinador de las Jornadas “ENTORNO A LAS SALINAS” celebradas en Torrevieja los días 4,5 y 6 de Septiembre de 1998 y redactor junto a D. Jose María Torres Nadal del “Documento rector para las intervenciones futuras en las lagunas de Torrevieja y la Mata”.

-2005 Miembro de la Junta de Gobierno del Colegio Territorial de Arquitectos de Alicante

-2006 Miembro del comité asesor del II FORO INTERNACIONAL DE URBANISMO DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS CIUDADES-REGION TERRITORIOS 21. LA RIOJA. [16]



IMAGEN 2.8 Antonio Marquerie Tamayo.

-OBRA

-TEATRO AUDITORIO LA VILA JOIOSA, ALICANTE 2001

Arquitectos: Jose María Torres Nadal  
Antonio Marquerie Tamayo

Tomando como condiciones de proyecto de un auditorio su enorme volumen de construcción, su carácter cerrado , y su generalmente condición horizontal, se trata de un programa que se inserta con dificultad en el entorno urbano.

Un auditorio se compone básicamente de sala más foyer y una serie de programas complementarios generalmente de un orden de magnitud mucho menor.

Se combinaron los programas de manera que los menores rodearan al programa principal, estuvieran dispuestos en ese “brazo” y por otro lado conectaran los dos extremos más alejados de la sala y foyer. [18]

El brazo genera un espacio público, un espacio descubierto, una gran plaza y permite que el acceso al auditorio sea un encuentro a través de ese espacio. Es un espacio que propone la celebración de la actividad musical o teatral al aire libre y permite tener la sensación de acceder al ámbito espacial y público del Auditorio antes incluso de su acceso propiamente dicho. [17]

La geometría recuerda a la de las montañas, las de las construcciones que no distinguen los planos de fachadas y de cubiertas sino que de un modo único, establecen soluciones de continuidad entre los planos horizontales o inclinados, de la cubierta y los planos verticales o inclinados de las fachadas. [17]

Un único material recorre así el edificio construyendo paredes y techos. Una pieza de plástico sostenible en su construcción, desarrollo y eliminación.

De ese modo el proyecto reconstruye la imagen de la montaña que se ve desde el sitio en el que ahora se sitúa el Auditorio.



IMAGEN 2.9 Vista exterior del teatro auditorio La Vila Joiosa, el brazo.

- PARQUE DE LA RELAJACIÓN TORREVIEJA, ALICANTE 2010

Arquitectos: Toyo Ito

Jose María Torres Nadal

Antonio Marquerie Tamayo

El pabellón helicoidal de madera es un espacio etéreo, bañado de forma irregular por la luz y cuyas costillas proyectaban sus sombras impredeciblemente consiguiendo que el visitante perdiera algo la dimensión del lugar ya que sus límites se hacían difusos. “Cuando estabas dentro soñabas despierto y cuando salías te dabas cuenta de que aquello acabaría en una pesadilla”, Nathalie Gidrón. [19]

El proyecto reemplaza una actividad frecuente que se desarrolla de forma natural en el borde actual de la laguna. Esta actividad de toma de baños de lodo, al deteriorar el borde natural de la laguna, se propone que se realice en la zona objeto del proyecto. [18]

Cinco espirales apoyadas en una estructura de hormigón se cubren con listones y contrachapados de madera sosteniendo una plataforma colgante en su interior. Las espirales se resuelven con redondo macizo de acero de 6 centímetros de diámetro, el redondo se curvó y giró para adaptarse a la forma de la membrana exterior. El hecho de que la plataforma del suelo se sustente directamente sobre la membrana dota a la piel estructural de estabilidad, a la vez que produce una sensación de estar flotando dentro del espacio interior de las construcciones. [19]



IMAGEN 2.10 Vista exterior del parque de la relajación, Torrevieja.



IMAGEN 2.11 Vista interior del parque de la relajación, Torrevieja.

- CENTRO DE DESARROLLO TURÍSTICO DE TORREVIEJA, ALICANTE 2005

Arquitectos: Jose María Torres Nadal

Antonio Marquerie Tamayo

El C.D.T. es un centro para la gestión del turismo, tanto para la parte de restauración y gastronomía como para la gestión hotelera. Un lugar en el que se hacen coincidir las nuevas tecnologías, la nueva información y el nuevo paisaje interior: una manera de organizar estos productos como parte real de la arquitectura. [20]

El programa del C.D.T. se compone básicamente de tres estructuras, vinculadas a su función. La primera, una estructura debida al trabajo y a la investigación de la gastronomía y gestión hotelera. Otra estructura de relación social y representación empresarial y la última estructura vinculada al ocio y al tiempo libre. [18]

Los materiales que lo constituyen son esenciales: las paredes envueltas en plástico, las mallas como sombra, los semilleros metálicos, el paisaje exterior constituido por los productos que serán consumidos en el comedor: productos de la huerta, alimentos naturales, etc. para la creación de todo un paisaje artificial. [20]



IMAGEN 2.12 Vista exterior, alzado del CDT, Torrevieja.



IMAGEN 2.13 Vista interior del complejo del CDT, Torrevieja.

### 3 PROYECTO

#### TEATRO AUDITORIO MUNICIPAL DE TORREVIEJA, ALICANTE 2006

ARQUITECTOS: ALEJANDRO ZAERA POLO (FOA)

ANTONIO MARQUERIE TAMAYO (ARQUEM)

Superficie: 1100 m<sup>2</sup>

La presencia del volumen ciego y pétreo volando sobre el espacio público deja claras las intenciones de proyecto, fundir el espacio privativo del auditorio con el público de la plaza de manera que sean partícipes el uno del otro.

El Teatro Municipal será capaz de albergar una gran variedad de eventos musicales, actuaciones y representaciones.

El diseño de Alejandro Zaera y Antonio Marquerie define un edificio que se expande sobre todo el volumen permitido dentro de su parcela. La Plaza de Miguel Hernández, situada frente al teatro, será el punto de acceso. Este aspecto es una de las principales metas del proyecto: crear un espacio continuo y homogéneo entre el acceso y la plaza.

La entrada al edificio se remarca notablemente gracias al contraste entre los muros opacos que conforman la envolvente del auditorio y el hueco que supone la planta baja, tan sólo envuelta por un cerramiento transparente de vidrio.

Este proyecto es el resultado de la voluntad de implementar una nueva infraestructura urbana en Torrevieja, una de las principales ciudades turísticas del sudeste de España, como parte de un programa de mejoras para elevar el perfil de la ciudad más allá de su situación actual de destino turístico de masas.

El proyecto incluye un teatro y auditorio de 650 asientos constituyendo una esquina dentro de uno de los bloques del centro de la ciudad, y la remodelación de una plaza existente vecina.

Dada la escasa cantidad de espacio en la parcela con respecto al programa requerido, el proyecto levanta el auditorio desde el nivel del suelo, dejando que la plaza penetre en la parcela, convirtiéndose en un vestíbulo que se encuentra debajo de la masa en voladizo del edificio. [21]

El espacio público se convierte en una incisión en una masa sólida, revestida de piedra caliza local, que llena el máximo volumen permitido en el sitio, completando la esquina del bloque. Un recordatorio del paisaje de canteras de piedra caliza que rodea la ciudad. [24]

El acabado interior de la sala ha sido diseñado como un sistema de planos plegados que reflejan el sonido para proporcionar condiciones acústicas ideales, tanto para espectáculos teatrales como musicales.

La geometría cristalina del acabado interior y su color blanco son una referencia a los lagos salados de la ciudad. [23]

El complejo cuenta con la sala principal de 650 asientos, una sala de ensayo de 400 m<sup>2</sup> totalmente diáfana, sala de prensa, 2 salas multiusos, sala VIP, 8 camerinos individuales, 4 camerinos colectivos, 2 salas de vocalización, foso para orquesta, almacenes y 2 plantas de oficinas con 7 despachos individuales, 2 archivos, una sala de juntas y zona de atención al público, además de las oficinas. El escenario ocupa una superficie cercana a los 400 m<sup>2</sup> y está dotado con el más moderno equipamiento escénico. [25]

Es importante la determinación de la idea de volumen opaco, de pétreo, reforzada con la materialidad y la ausencia de huecos además de un programa idóneo para tal idea, un auditorio. El acceso también sigue la línea de la idea de roca, ya que se remarca con la ausencia de ella, como la entrada de una cueva. Como reflexión propia, una cueva es simplemente la ausencia de materia en un punto de la masa lo suficientemente grande como para dar cobijo.



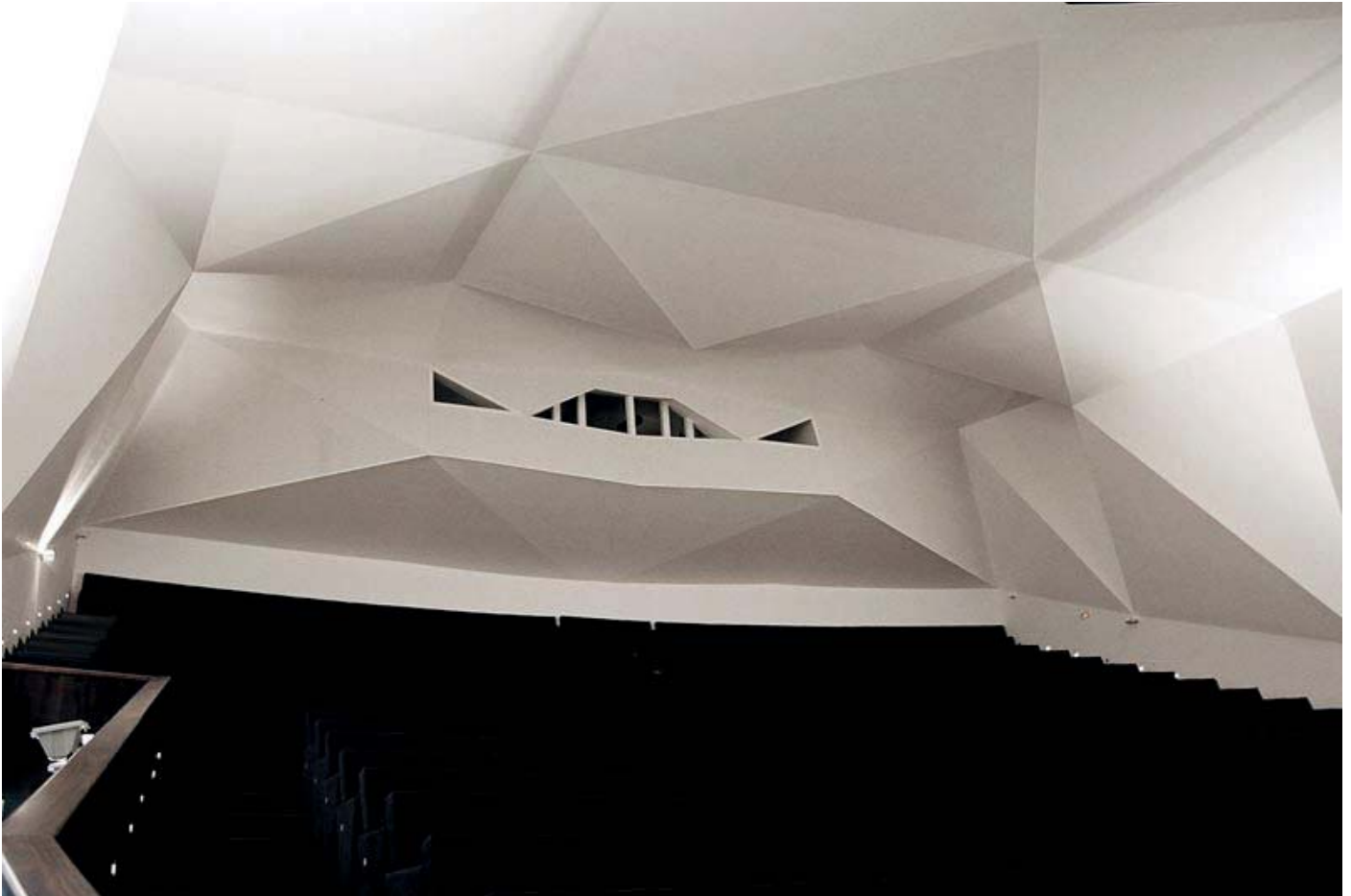


IMAGEN 2.1 Interior del auditorio, techo acondicionado acústicamente y gradas. [22]



IMAGEN 2.2 Exterior del auditorio, vista desde la plaza Miguel Hernández. [22] IMAGEN 2.3 Exterior del auditorio, vista de su perfil. Muro (P3). [22]

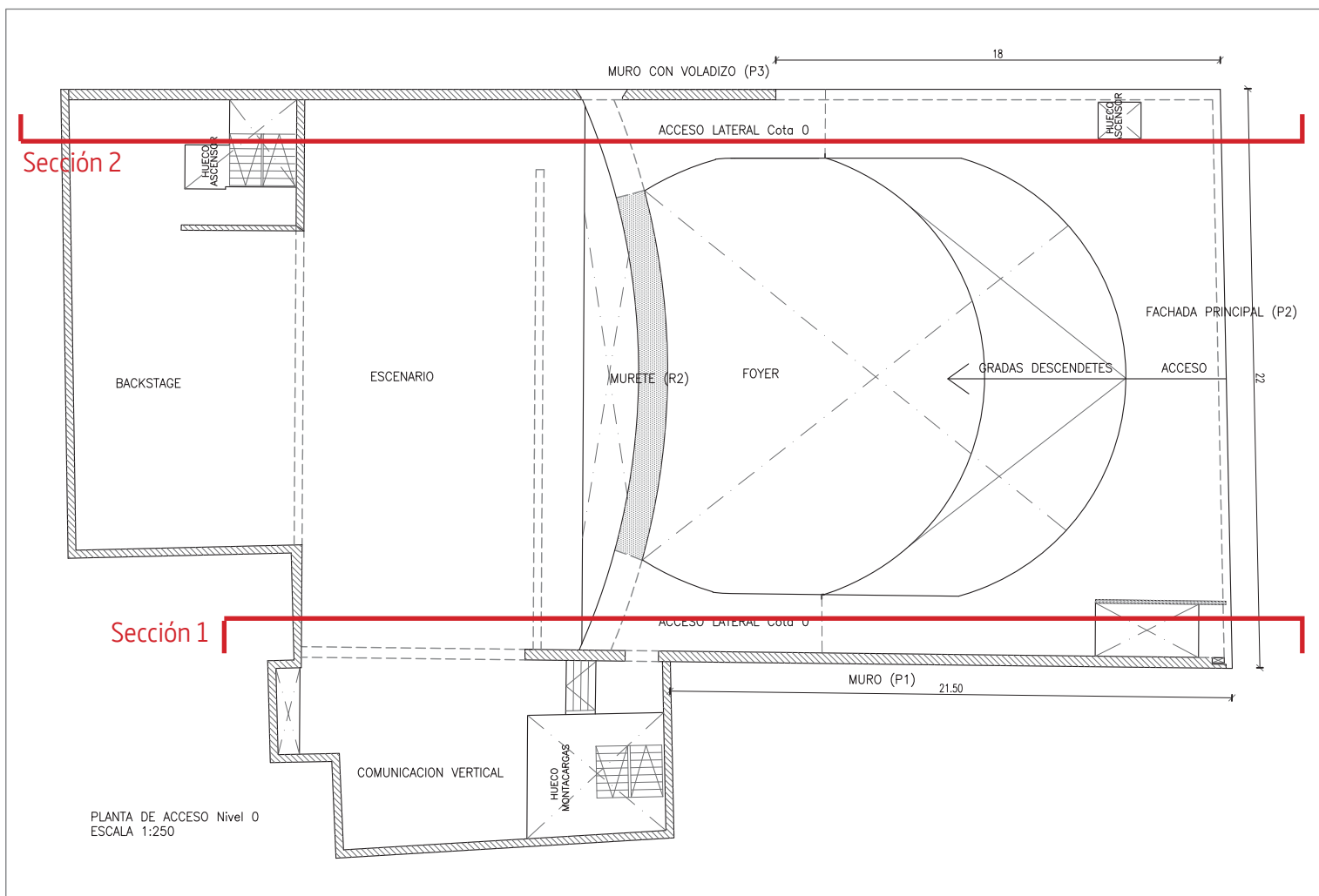


IMAGEN 2.4 Planta a nivel de suelo, Escala 1:250 [27]

En la primera planta se muestra el acceso al edificio, acceso que no viene solo marcado por la platea que asciende dejando el espacio de entrada, sino también por el graderío que desciende hasta el foyer. Ambos, forman parte del espacio de acceso, digno de un auditorio tal y como se ve en las imágenes 2.5, 2.6.

La segunda planta muestra el trazado geométrico llevado a cabo para las exigencias acústicas del teatro.

En la última planta, de cota 15.80m (Imagen 2.8), se ve el emparillado de vigas prefabricadas postesadas que conforman el forjado de la sala de ensayos y que explicaremos más tarde detalladamente.



IMAGEN 2.5 Fotografía del interior del foyer.



IMAGEN 2.6 Fotografía del interior del foyer.

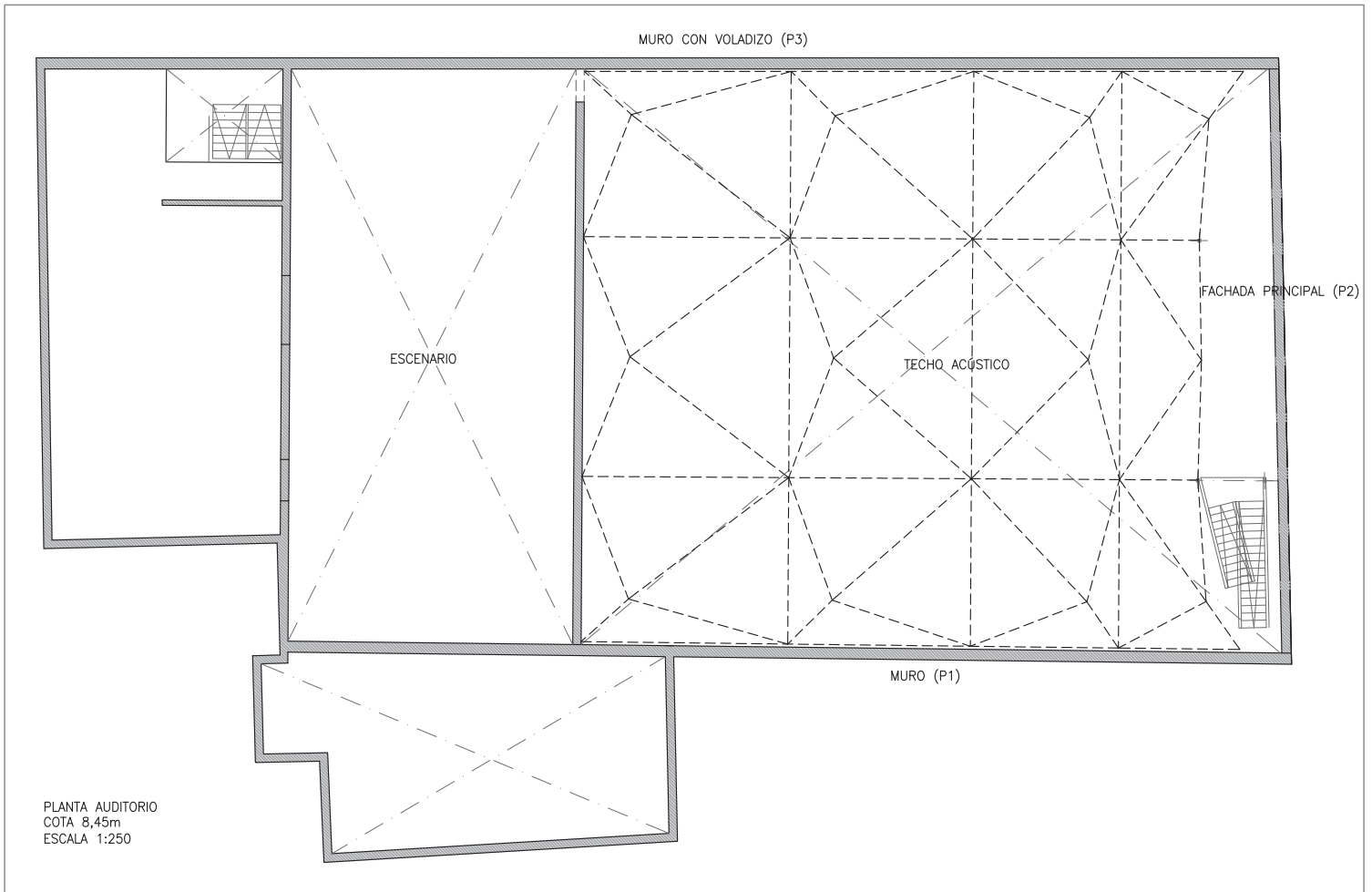


IMAGEN 2.7 Planta del techo del auditorio acondicionado acústicamente. Escala 1:250 [27]

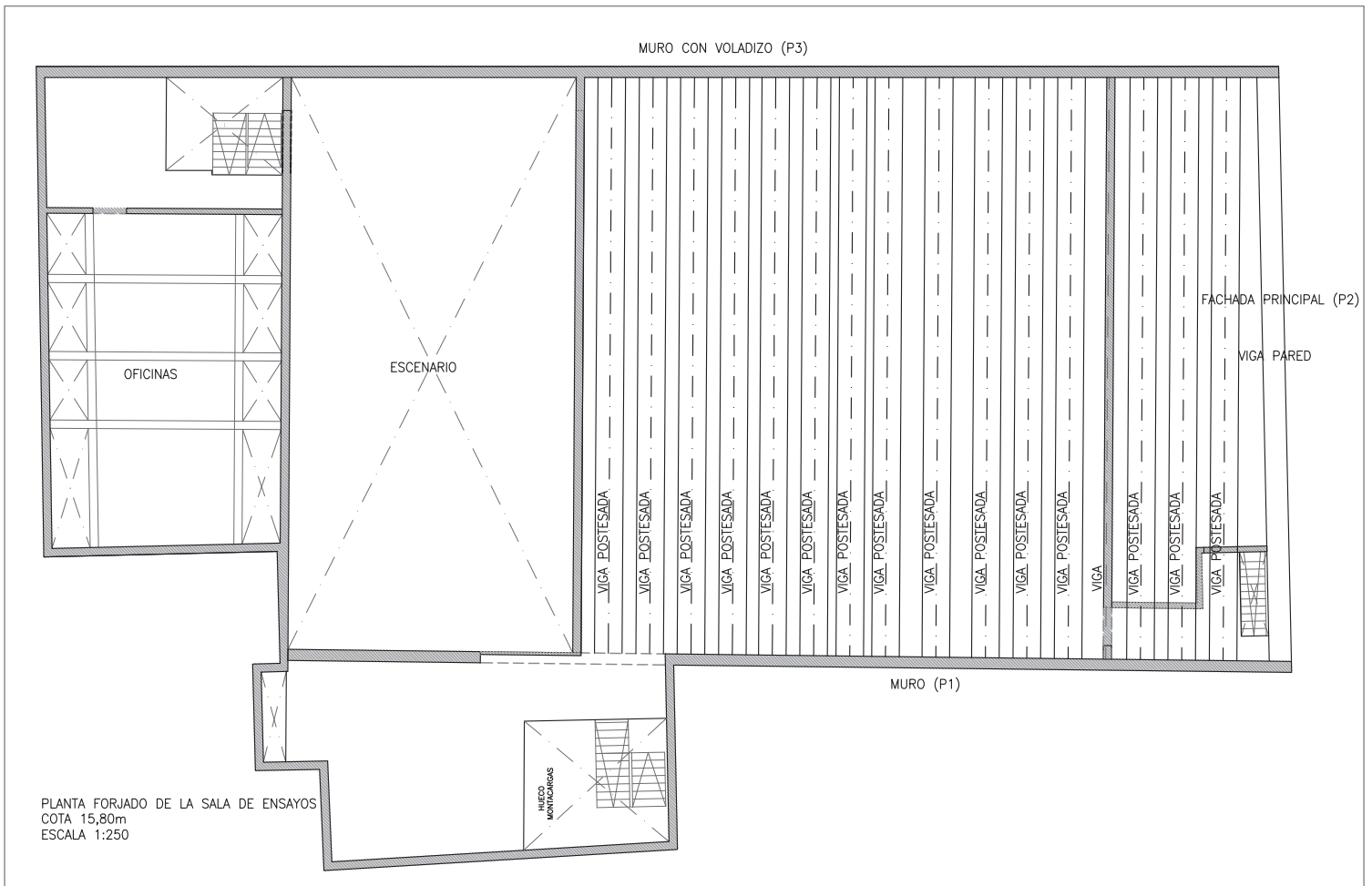


IMAGEN 2.8 Planta del forjado de la sala de ensayos. Escala 1:250 [27]

## 3 ESTRUCTURA

### 3.1 CONCEPTO

La estructura es sin lugar a dudas indispensable en la concepción arquitectónica del edificio: el funcionamiento de la losa postesada aligerada de la platea que levita sobre la entrada, su sistema de cuelgue en la fachada mediante cables, el postesado del muro exterior que conforma el voladizo del edificio y el contrapeso en la zona posterior al edificio. Este conjunto de soluciones estructurales, en la que prácticamente colabora todo el edificio, permite dar respuesta a la intención del proyecto.

La estructura del teatro se ha realizado en hormigón, a excepción de la cubierta de la sala de ensayos que se conforma por cerchas metálicas. [26]

El gesto del edificio de abrirse a la plaza pública sin apoyos en la fachada que recae en ella, obliga a generar un sistema estructural complejo para llevar las cargas hasta cimentación.

Estamos tratando con un edificio cuyos elementos estructurales principales se encuentran postesados, ya sea la propia losa como el muro en voladizo (muro P3, Imagen 3.2). Además también lo están las vigas prefabricadas dispuestas en el techo de las gradas y que salvan una luz de 21 metros. Así que será un elemento que analizaremos en sí, y su empleo en los diferentes elementos constructivos. Averiguaremos cuan indispensable es en este proyecto.

Como podremos observar, no hay rastro de pilares en ninguna de sus plantas ya que el auditorio se sostiene trabajando todas y cada una de sus envolventes sin necesidad de apoyos puntuales.



IMAGEN 3.1 Imágen virtual del proyecto.

### 3.2 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

El conjunto del auditorio se sustenta en una serie de muros perimetrales e interiores, con espesores que varían entre 20 y 40 cm.

Los niveles de las zonas de Camerinos, Sala de Prensa y Sala de Descanso, y Caja Escénica se resuelven con losas macizas de hormigón armado de espesores comprendidos entre 25 y 45 cm.

La Zona de la Platea, en la cota -3.40, presenta una losa de cimentación con cantos de 2, 1.5 y 1 m y solera. El acceso al Teatro Auditorio se hace a través de una losa maciza de canto 35 cm.[26]

La platea se compone de una losa aligerada postesada de cota variable, apoyada en los muros R2 y P2.

El muro P2 recibe la carga de la losa de la platea y la sube mediante un postesado hasta la viga superior, que transmite la carga a los muros P1 y P3.

El muro P3 presenta un voladizo de 18 metros, en cuyo extremo se recogen las cargas de la platea. Para soportar el importante momento generado es necesario postesar el muro llevando los cables por la zona superior. En el extremo opuesto, en ciertas combinaciones de carga, es necesario colocar un contrapeso para evitar el vuelco del edificio. [26]

La luz de la Sala de Ensayos, 21 m, se salva con un emparrillado de vigas prefabricadas postesadas que se apoyan en los muros P1 y P3.

La Cubierta de la Sala de Ensayos se resuelve con unas cerchas metálicas, que también se apoyan en los muros P1 y P3 (Imágen 3.2).

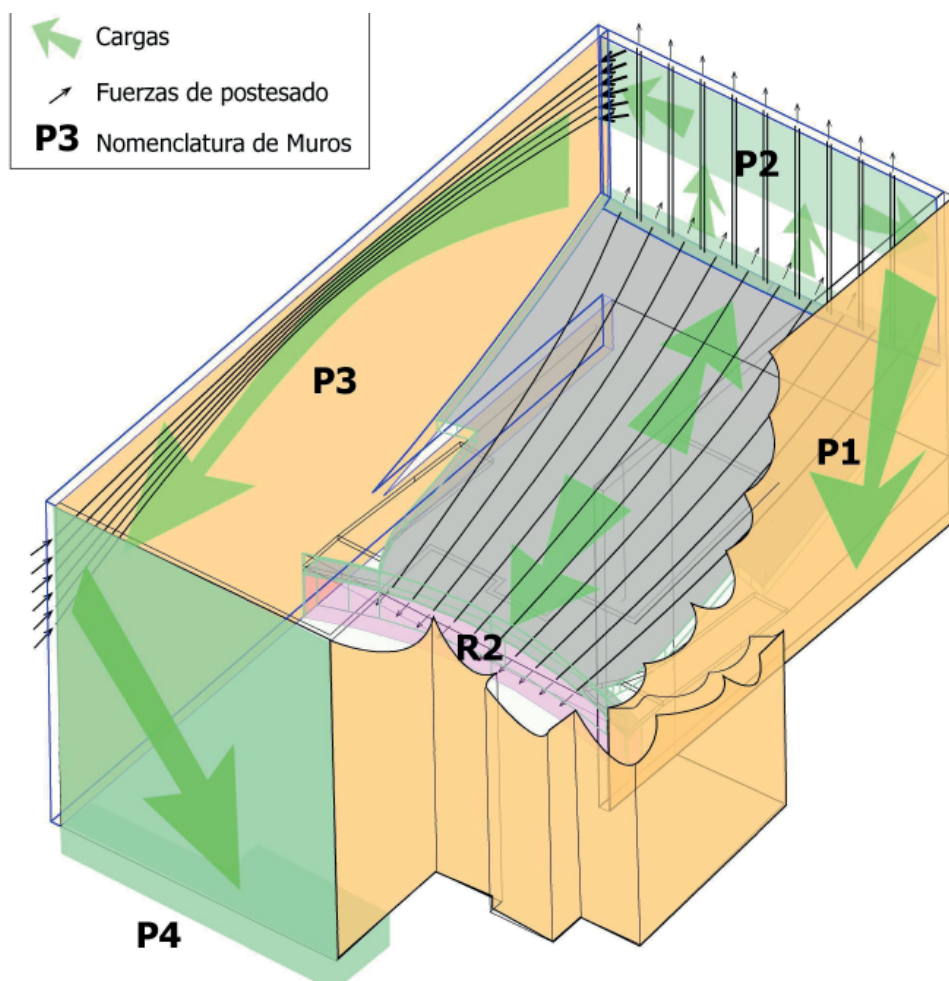


IMAGEN 3.2 Esquema de funcionamiento de la estructura. [26]

### 3.3 ESTRATIFICACIÓN POR ALTURA [27]

El proyecto está constituido por un edificio en el que se diferencian cuatro zonas:

- Platea.
- Caja Escénica.
- Zona de camerinos y oficinas.
- Zona de Sala de Prensa y Sala de Ensayos.

Cada zona presenta unos niveles de plantas distintos, que se describen a continuación:

En la zona de la platea aparecen los siguientes niveles:

- Cota -3.40
- Losa de acceso de cota variable.
- Losa postesada de la platea de cota variable.
- Cota +15,93
- Cubierta a cota +21,37

En la zona de Caja escénica los niveles son los siguientes:

- Cota -3.40
- Cota +0.80
- Cubierta a cota +21,08

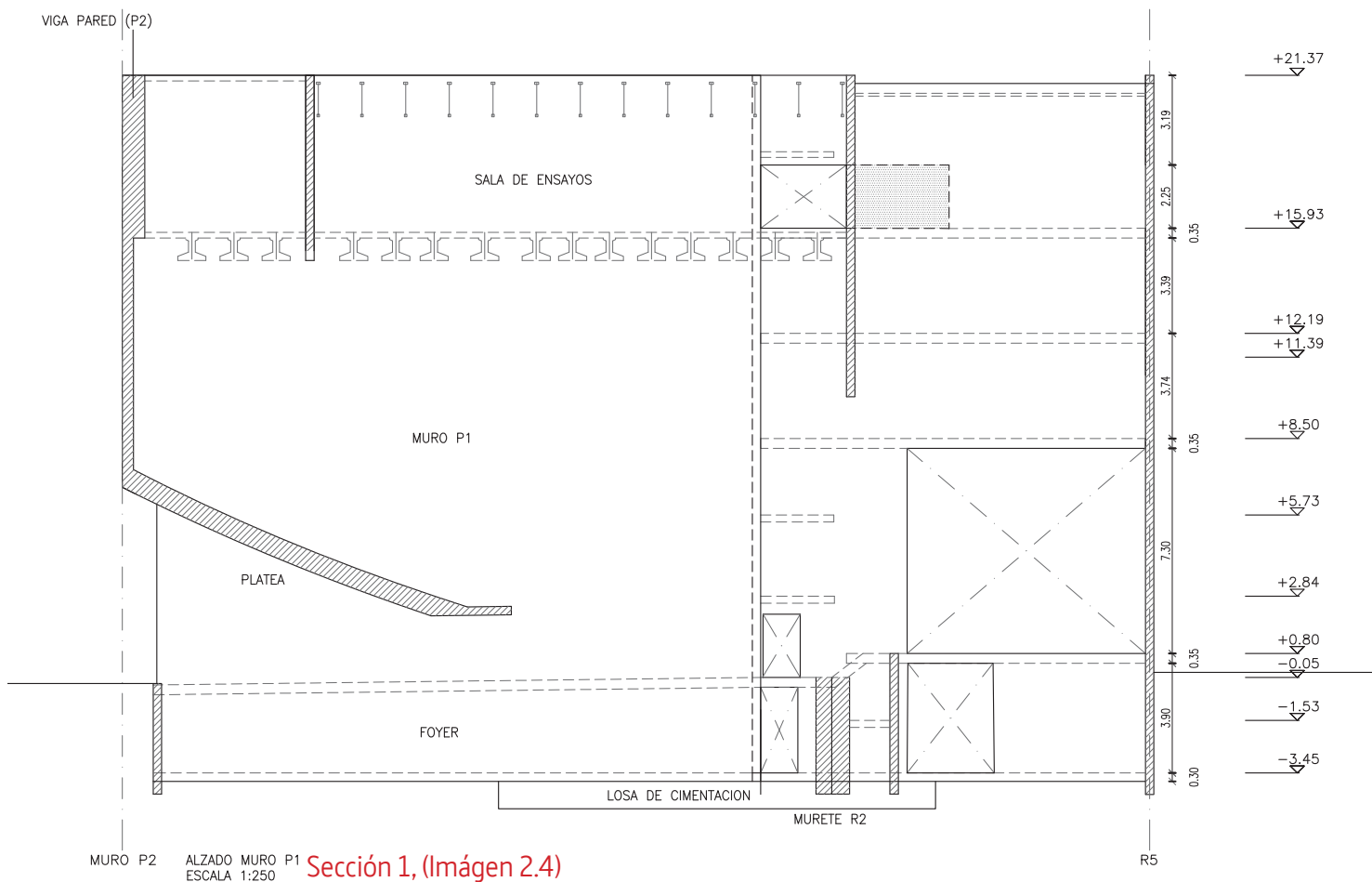


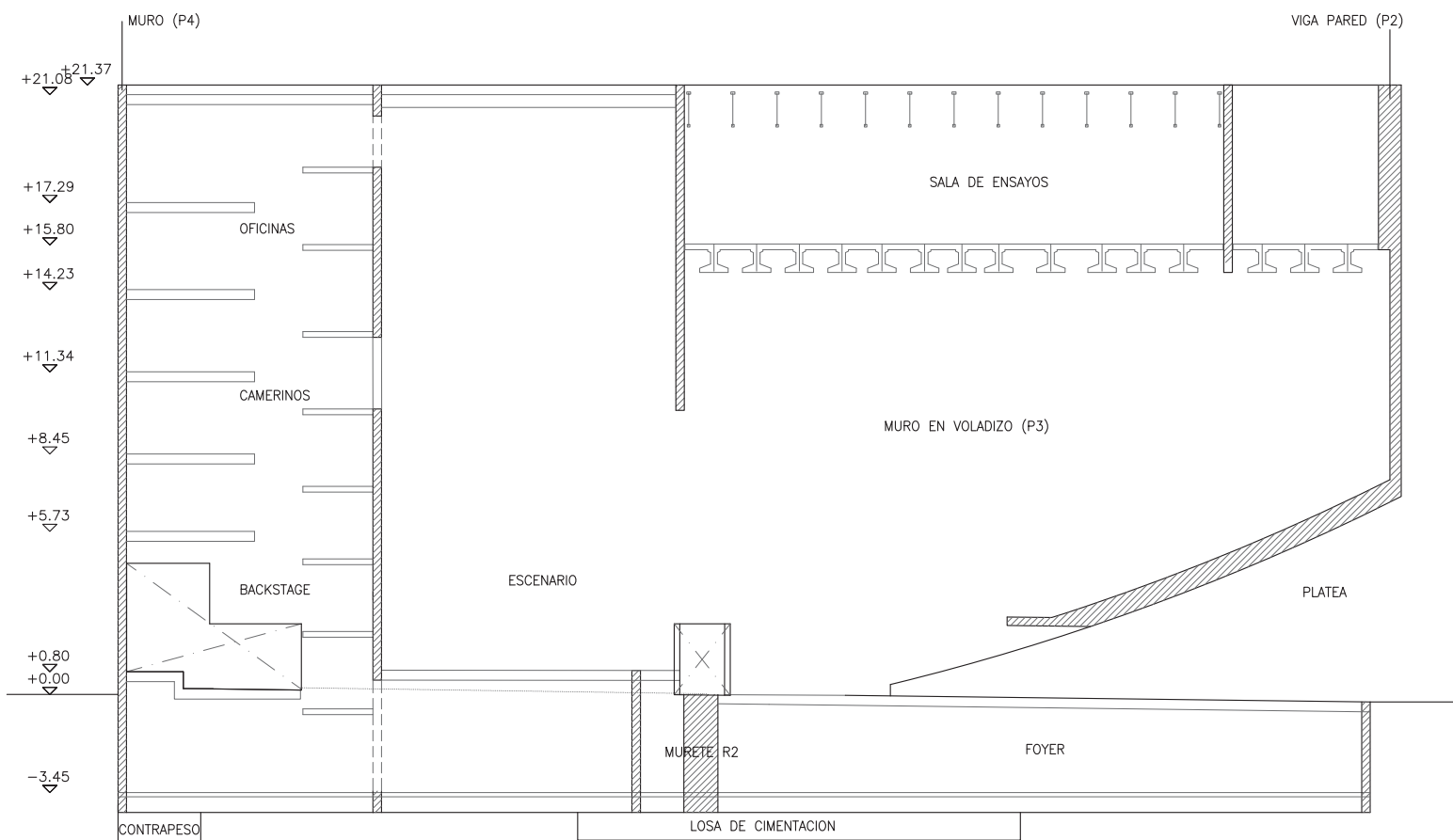
IMAGEN 3.3 Sección 1, Alzado del muro P1, E:250 [27]

En la zona de Camerinos aparecen los siguientes niveles:

- Cota -3.40
- Cota +0.80
- Cota +5.73
- Cota +8.45
- Cota +11.34
- Cota +14.23
- Cota +17.29
- Cubierta a cota +21,37

En la zona de Sala de Prensa y Sala de Ensayos aparecen los siguientes niveles:

- Cota -3.40
- Cota -0.05
- Cota +2.84
- Cota +5.73
- Cota +8.45
- Cota +12.19
- Cota +15.93
- Cubierta a cota +21,37



ALZADO MURO EN VOLADIZO (P3) Sección 2, Imágen (2.4)  
ESCALA 1:250

### 3.4 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Es necesario y mucho más didáctico analizar cada elemento estructural por separado, una vez entendida la colaboración de estos para sostener el conjunto.

#### 3.4.1 LOSA DE LA PLATEA

Probablemente es el elemento más complejo del Teatro municipal de Torrevieja. Presenta una geometría convexa desde el interior, es decir que la definen dos curvas en dos sentidos, y además se apoya en su parte inferior en un murete curvo (R2). La losa es el elemento suspendido, y por el que todo el edificio trabajará para mantenerse en pie.

Es el objeto que marca el acceso, y a su vez, forma las gradas en su sección superior. Y también da al proyecto y a su estructura su identidad. Sin la losa de la platea, estaríamos hablando de otro proyecto. La losa cubre una superficie aproximada de 22.8m por 22m, lo que hacen unos 500 m<sup>2</sup>. Con huecos en sus laterales y los voladizos, uno de 18 metros en el muro P3, y otro de 22m en la fachada principal (P2), además de su geometría ya comentada, la suspensión de la losa de la platea se convierte en el objetivo, tanto estructural como proyectual. [26]

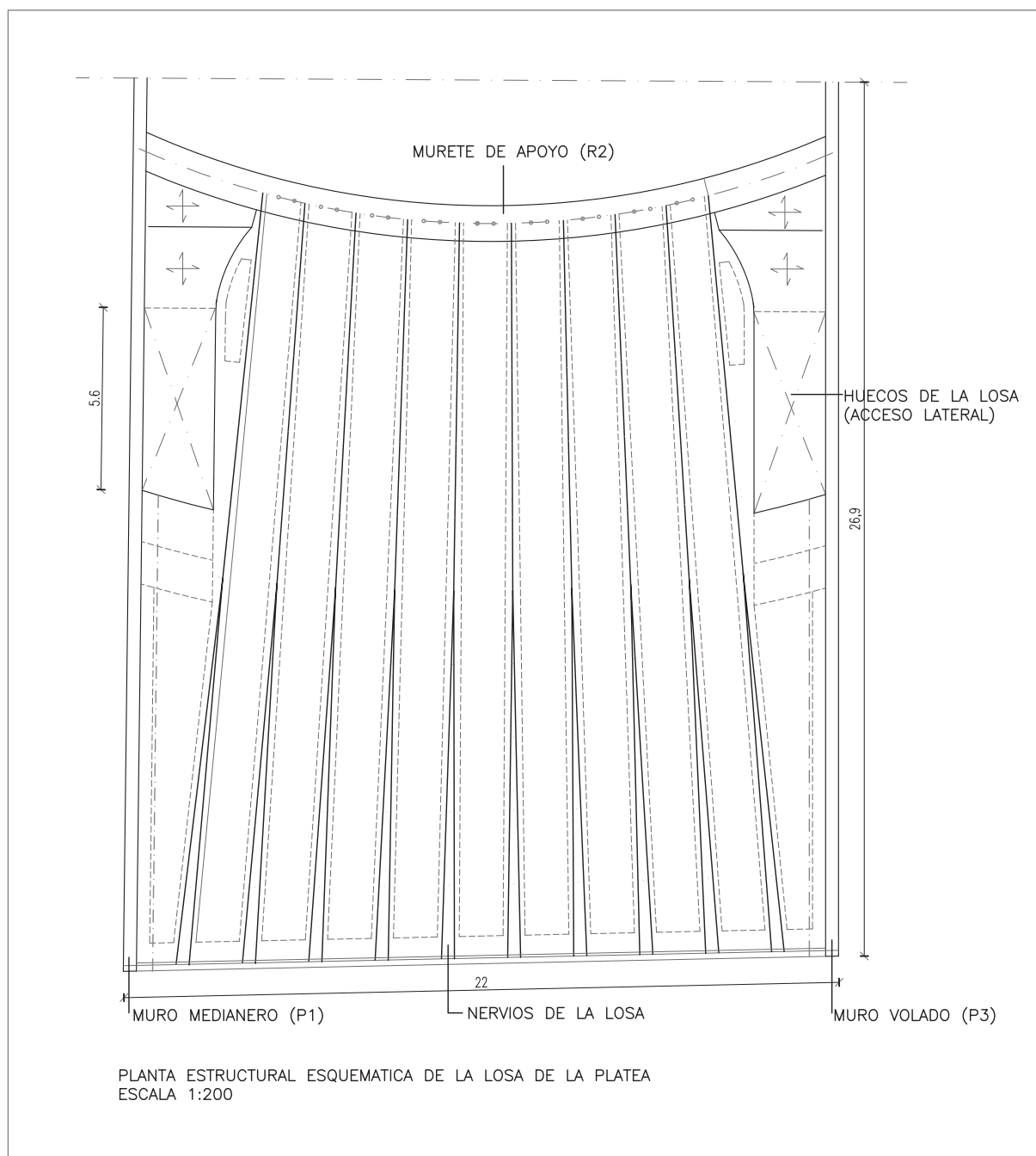


IMAGEN 3.5 Planta esquemática de la losa de la platea 1:200 [27]



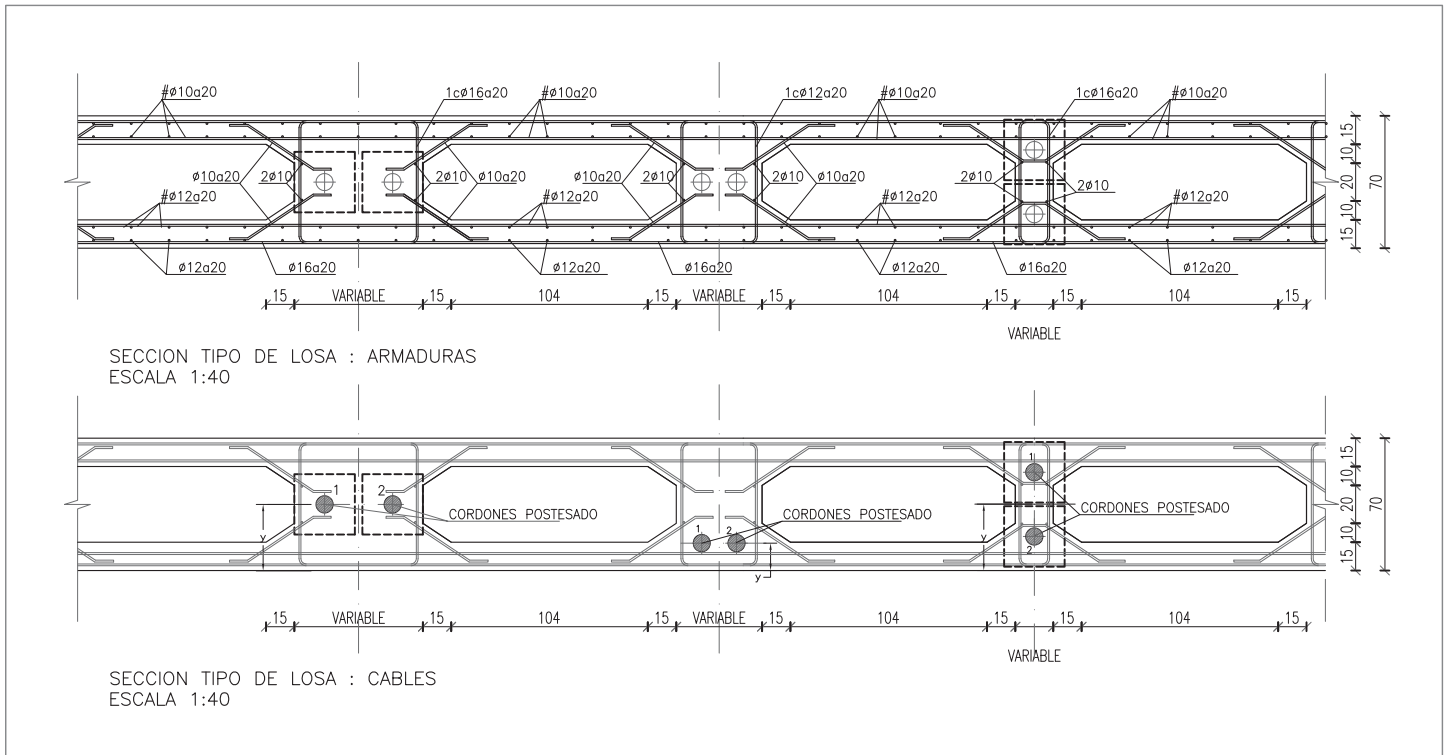


IMAGEN 3.6 Detalle de la sección de la losa 1:40 [27]

La tipología de la losa de la platea es una losa aligerada postesada de 70cm de canto.

Se disponen diez nervios entre las dos líneas de apoyos. Estos nervios no son paralelos, ya que se deben adaptar a la geometría en planta de la platea, y además se curvan según la convexidad del elemento. Estos condicionantes obligan a variar el espesor de cada nervio y a jugar con el trazado del postesado para situar los dos tendones de 15 cables, uno sobre el otro en la zona más estrecha del nervio. [26]

Los huecos que presenta en sus laterales se deben a que es por ahí donde se accede lateralmente al auditorio, por tanto la losa se interrumpe.

En fase de construcción, debido a que el sistema de cuelgue no está construido, se dispone de un sistema provisional de apeo. Este sistema permite el tesado de la losa de la platea y el desencofrado de la misma. Durante la fase de tesado, la losa está desconectada de los dos muros laterales, de forma que no coaccionen el acortamiento. Una vez tesado, se realiza la unión con estos muros para proporcionar arriostramiento horizontal al conjunto de la estructura.

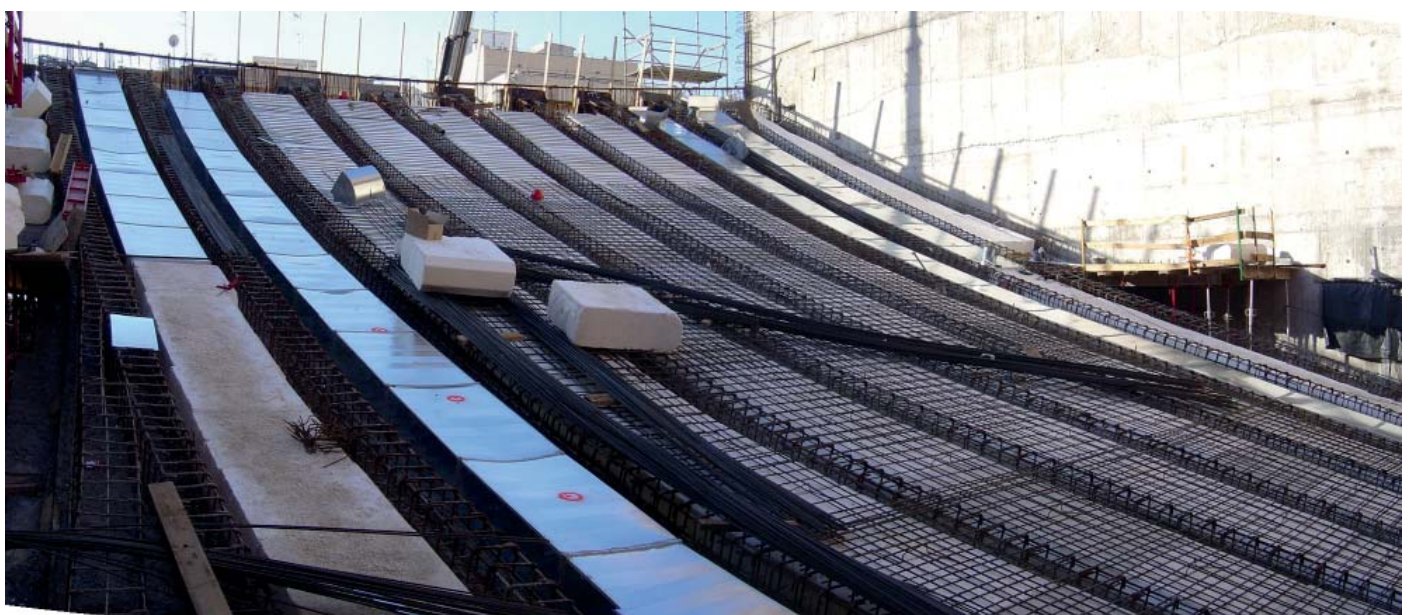


IMAGEN 3.7 Fotografía de obra de la losa de la platea.

### 3.4.2 VIGA PARED

El siguiente elemento por el que circulan las cargas de la platea es la viga pared, que recibirá en forma de cargas puntuales esta carga, ya que son los tirantes los que conectan ambos elementos.

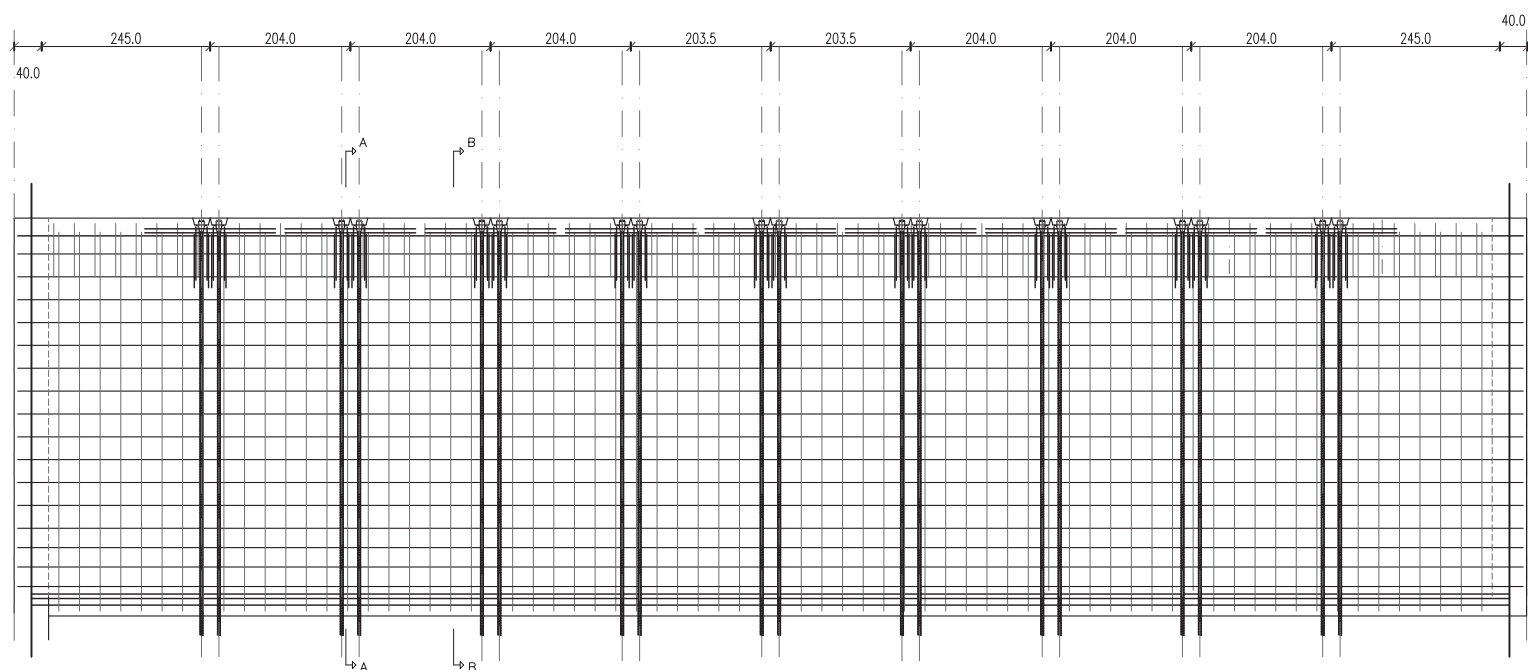
Como ya se ha visto anteriormente, uno de los apoyos de la losa de la platea se realiza colgando la viga de apoyo mediante nueve tirantes verticales situados entre los anclajes de los nervios de la losa aligerada.

El sistema está compuesto por unos cables de postesado, tesados desde el extremo superior para poner en carga los tirantes y así descargar el apeo provisional que se colocó en la ejecución de la losa de la platea.

Las cargas de cuelgue se transmiten hasta la cara superior de la viga situada en el muro P2 de la fachada principal del teatro. Esta viga es de 4,80m de canto y 0.60m de ancho, y salva la luz de 21m entre los dos muros laterales.

Como podemos ver en la imagen 3.8 existe armadura de refuerzo en la cabeza de los tirantes, ya que en estas zonas las tensiones son mucho mayores y podrían llegar a fisurar el hormigón.

Estos tirantes actúan en el punto medio entre los nervios de la losa porque el arriostramiento de ambos cables no es posible hacerlo en un mismo punto ya que no caben.



ALZADO MURO (P2)  
ESCALA 1/100

IMAGEN 3.8 Alzado de la viga pared, trazado del armado y los tirantes. Escala 1:100 [27]

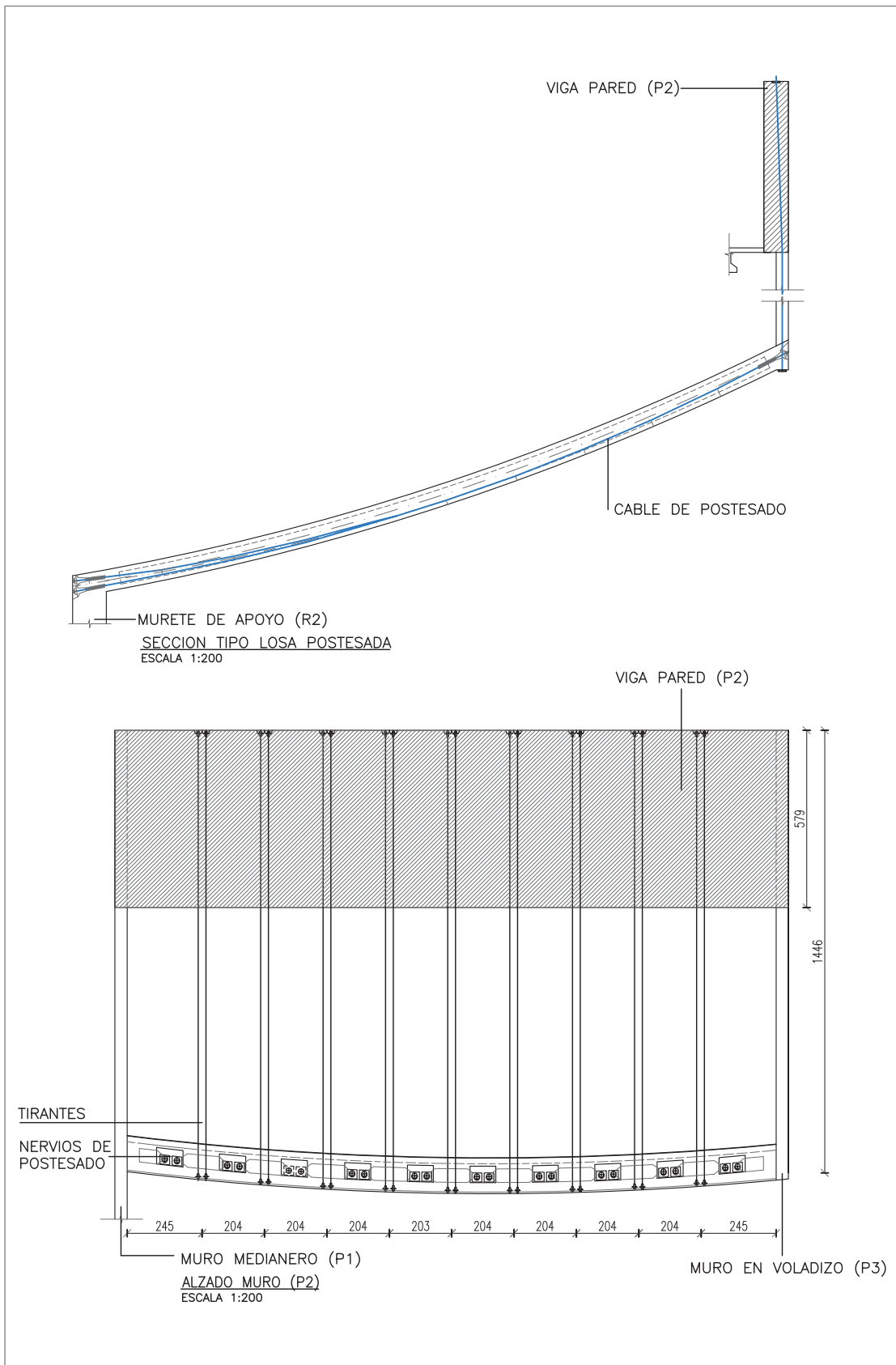


IMAGEN 3.9 Alzado y sección tanto de la viga pared como de la losa de la platea. Nervios y cable de postesado. Escala 1:200 [27]

### 3.4.3 MURO EN VOLADIZO

-40 cm de espesor, HP-45

La carga de la platea, llega finalmente hasta los dos muros laterales P1 y P3. El primero de ellos es medianero y transmite las cargas directamente hasta cimentación. El segundo, debido al gesto del edificio de abrirse a la plaza pública presenta un vuelo de unos 18m, y en su extremo recibe la mitad del peso de la platea.

Esta carga necesita llegar hasta cimentación, pero el vuelo genera un momento tan grande que es necesario postesar el muro para contrarrestar las tracciones que se generan en la zona superior.

El trazado del postesado comienza en el extremo del voladizo, donde apoya la viga que recoge las cargas de la platea.

En este punto se han colocado los anclajes más distanciados para facilitar el armado y hormigonado.

En el punto medio del muro, sobre el apoyo, el trazado se concentra en la zona superior, para aprovechar al máximo el efecto del postesado.

En el extremo final los anclajes se vuelven a distanciar para realizar el anclaje pasivo.

El apoyo del alzado del muro desde el cual empieza el voladizo, se refuerza con una losa de cimentación que además actúa como viga centradora del apoyo del muro medianero (P3).

En el extremo opuesto del muro (P1) ha sido necesario disponer de un contrapeso para equilibrar las fuerzas del momento producido. El peso se ha conseguido realizando el muro (P4) medianero de mayor espesor y la zapata de cimentación de mayor canto. [26]

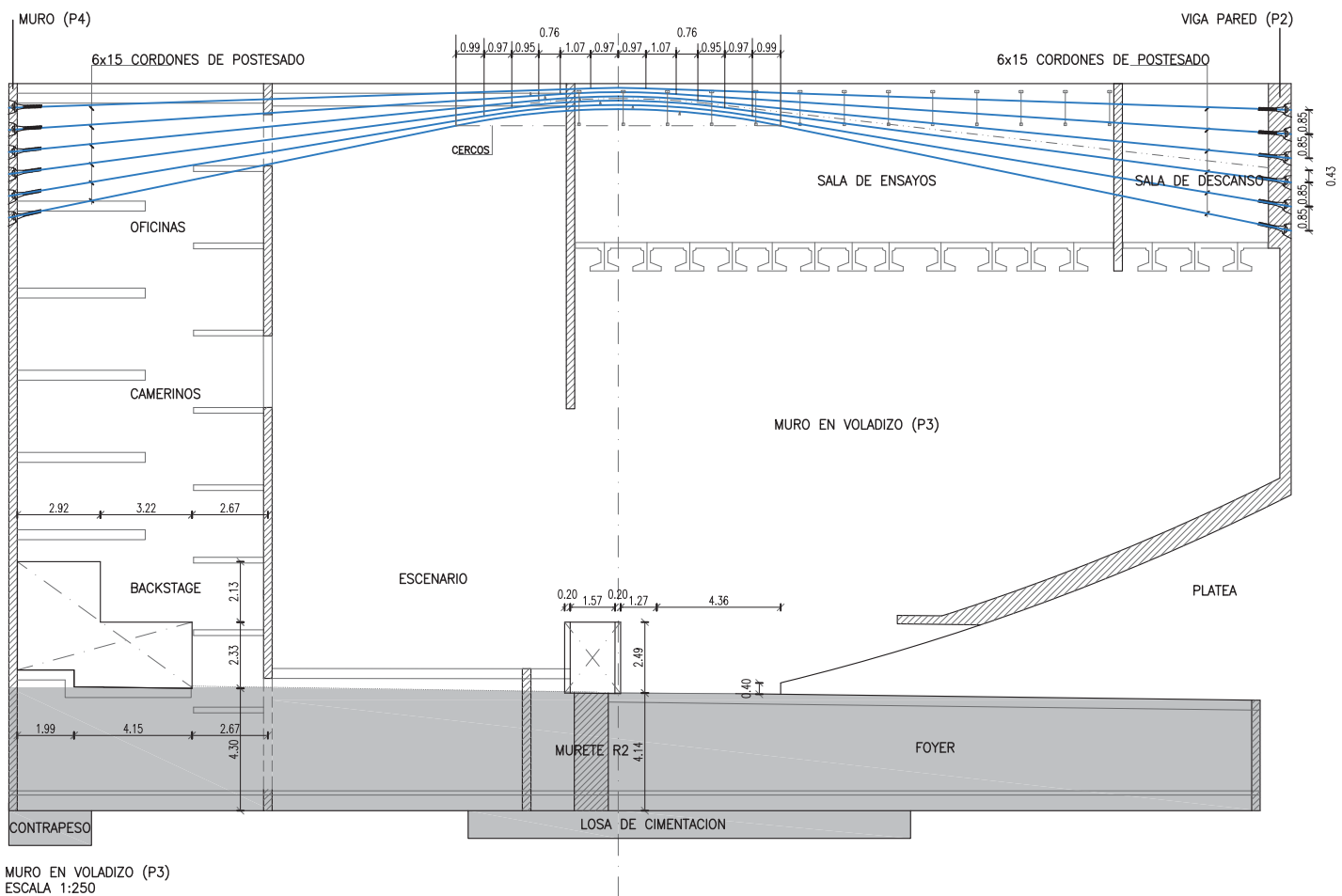


IMAGEN 3.10 Sección 2, Alzado del muro volado P3 donde se muestran los cables de postesado y su trazado a lo largo del muro. Escala 1:250 [27]

El hormigón de alrededor de los arranques de estos cables de postesado, se refuerza su armado ya que serán puntos críticos en los que habrán más tensiones y éstas podrían fisurar el hormigón.

Cada cable tiene una inclinación y trabajará de manera distinta al resto, naturalmente, cuanto más inclinación será más favorable porque transmitirá unas fuerzas verticales ascendentes que reducirán las cargas gravitatorias producidas por el peso propio y las correspondientes cargas de uso, etc...

En este muro (P3), se puede observar la intención de los arquitectos de que trabaje completamente a compresión, y de que las tensiones producidas por las tracciones y momentos del voladizo queden mitigadas lo máximo posible.

Sólo de esta manera, haciendo que el hormigón trabaje como se le da mejor, a compresión, es como el conjunto del edificio se sostiene.

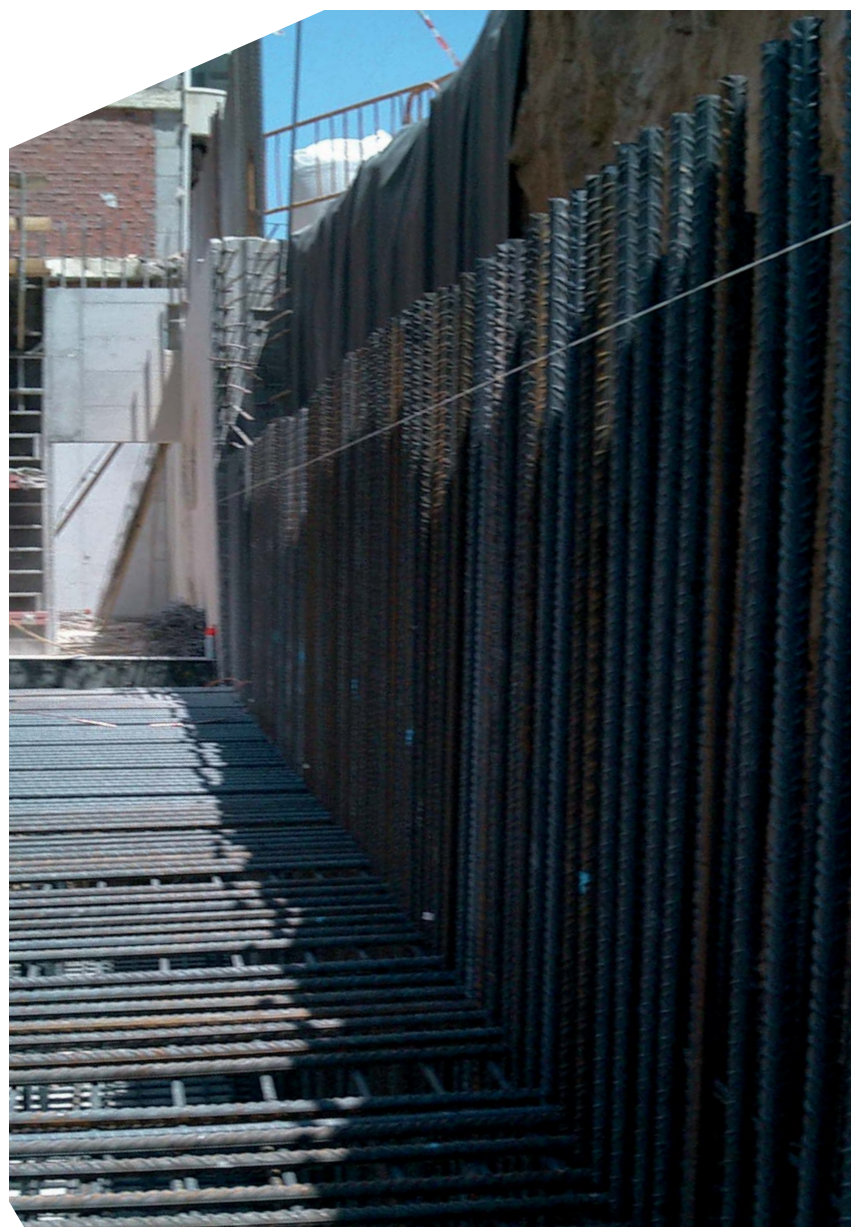
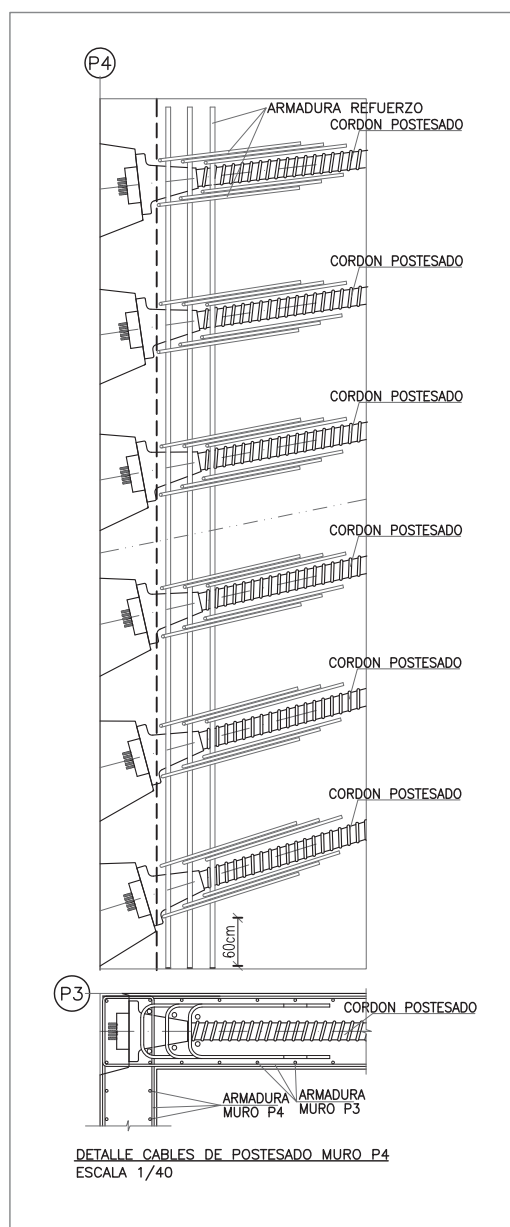


IMAGEN 3.11 Detalle del arranque de los cables. Escala 1:40 [27] IMAGEN 3.12 Fotografía de obra del armado del muro, arranque. [29]

### 3.4.4 VIGAS PREFABRICADAS

Como se ha comentado en proyecto , los 21 metros de la sala de ensayos se salvan con un emparrillado de vigas prefabricadas postesadas que se apoyan en los muros P1 y P3.

La sala de ensayos está situada sobre la platea y el techo acústico.

Debido a la altura desde la losa de la platea, se opta por realizar un forjado con elementos prefabricados apoyados en los dos muros laterales (P1 y P3).

La luz a salvar es de 21m con lo que la solución de placas alveolares no es válida en este caso. Por lo tanto se recurre a vigas prefabricadas con forma de I. El canto de estas vigas es de 80cm situando sobre ellas una losa armada de 20cm. La armadura de esta losa se une con los dos muros laterales para proporcionarles un arriostramiento horizontal.

[26]

Los apoyos de las vigas prefabricadas se realizan mediante apoyos de neopreno situados sobre una ménsula corrida en los muros laterales.

A pesar de que hay otras formas de vigas que optimizarían su funcionamiento gracias a que serían más livianas, es necesario que tengan estas dimensiones debido al postesado. Tienen que caber los 4 cables de postesado (Imagen 3.14) que se disponen en su interior y que se van a encargar de que esta tipología de viga sea mucho más resistente y que no importe que su peso sea mas elevado.

Como se ve en la imagen 3.14, el centro de gravedad del postesado se va desplazando hacia abajo a medida que recorre la longitud de la viga. Hasta su centro, donde llegará a un mínimo y volverá a subir hasta que en el otro extremo de viga, el centro de gravedad del postesado haya vuelto a su altura original.

Esto, junto con el posterior tensado de los cables de postesado, provoca unas fuerzas que siendo contrarias al peso propio y cargas de uso, conseguirá reducirlas con la finalidad de que la estructura se estabilice, haciendo menores las deformaciones y momentos. Es así como se consigue salvar la preocupante luz que suponen los 21 metros.

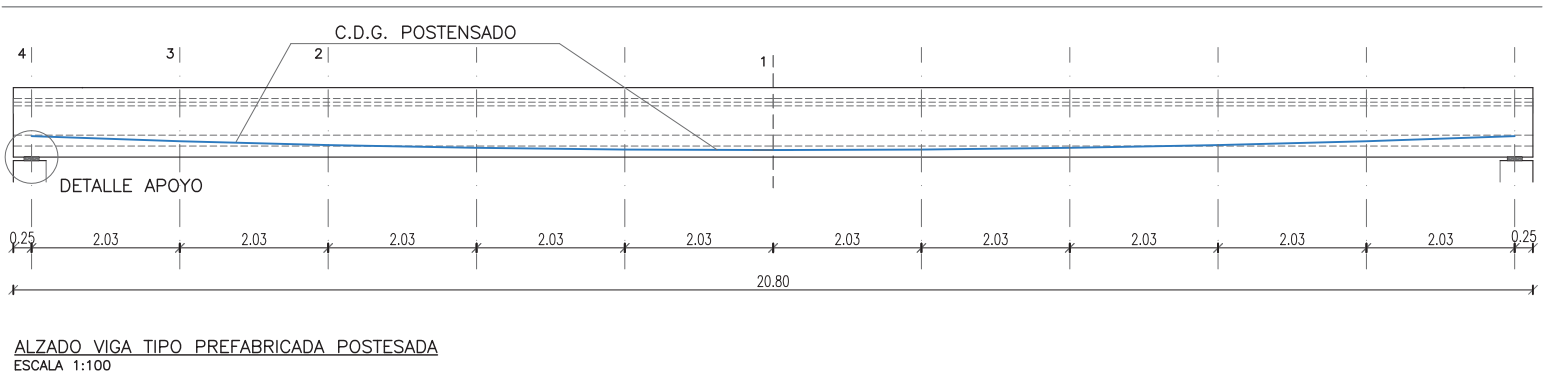


IMAGEN 3.13 Alzado de vigueta tipo prefabricada postesada. Escala 1:100 [27]

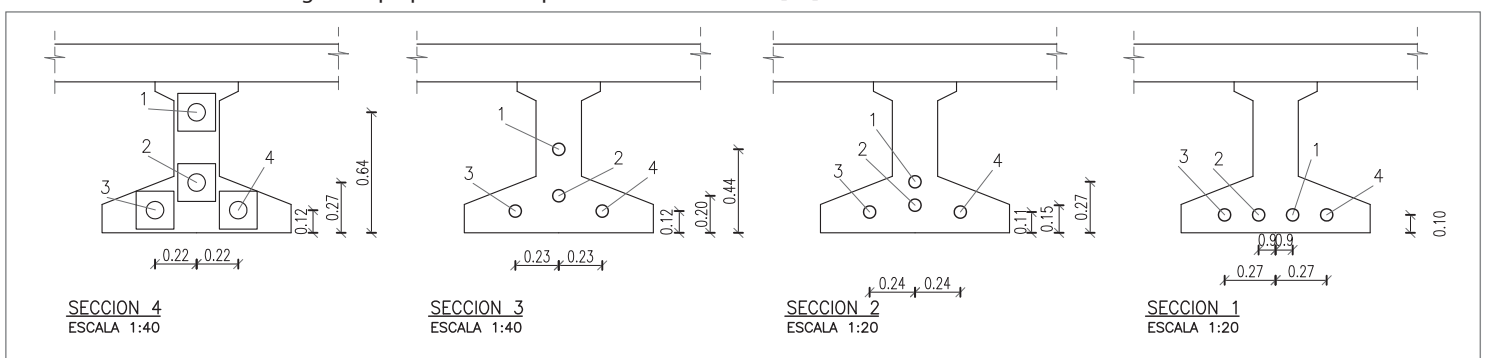


IMAGEN 3.14 Secciones indicadas en el alzado superior. Escala 1:40 [27]

Las vigas todas van apoyadas en ménsulas como se puede apreciar en la fotografía de obra (imagen 3.17). Esto es para que los momentos de las propias vigas no se transmitan a los muros P1 y P3, ya que podrían provocarle inestabilidades bastante graves.

El inconveniente de proceder de esta manera es que el momento en el centro del vano de las vigas se verá incrementado en gran medida ya que no estará coartado por estos muros.

Es decir, la viga dejará de ser una viga empotrada-empotrada y será una viga apoyada-apoyada. Estos momentos y sus deformaciones deberán ser contrarrestados por el postesado que se lleva comentando en este capítulo.

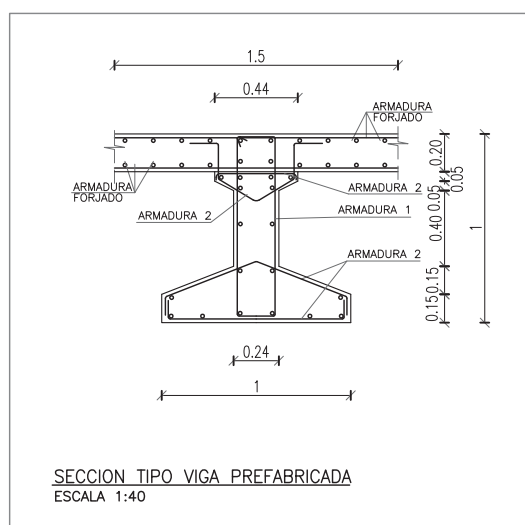
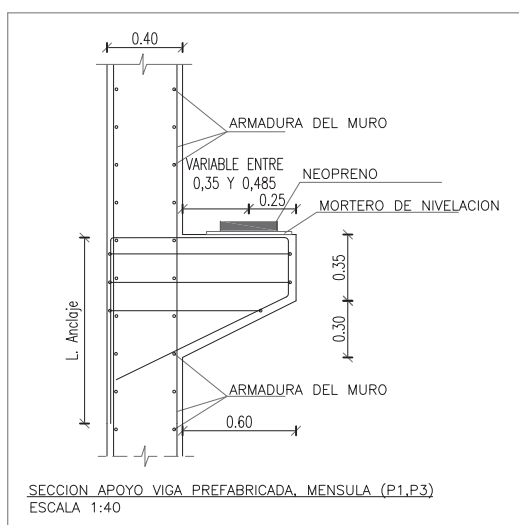


IMAGEN 3.15 Detalle en sección del apoyo de la viga. Escala 1:40 [27] IMAGEN 3.16 Detalle en sección del armado de la viga. Escala 1:40 [27]



IMAGEN 3.17 Fotografía de la obra, colocación de las vigas sobre la ménsula creada en los muros P1 y P3.

### 3.4.5 CERCHAS DE CUBIERTA

La cubierta de la sala de ensayos también salva la luz de 21m entre los muros P1 y P3. En este caso se opta por una cubierta ligera mediante cerchas metálicas.

La cercha que vemos en las imágenes 3.18, 3.19 es una viga de celosía tipo Pratt.

En la viga Pratt las diagonales trabajan a tracción y las montantes trabajan a compresión. [28]

Se trata de una viga de Celosía, cuya condición fundamental es la de ser geoméricamente indeformable. Como un punto en un plano queda determinado por el triángulo que le une a otros dos, el triángulo es el elemento fundamental de una celosía indeformable.

Una de las recomendaciones importantes para el diseño de vigas de celosía es que las cargas o los apoyos de los miembros soportados por la viga deberán, preferentemente, descansar sobre los nudos que se consideran articulados, evitando los apoyos en los tramos intermedios. De esta manera las barras están sometidas exclusivamente a sollicitaciones axiales. En caso contrario hay que considerar los efectos simultáneos de momentos flectores y fuerzas axiales. [28]

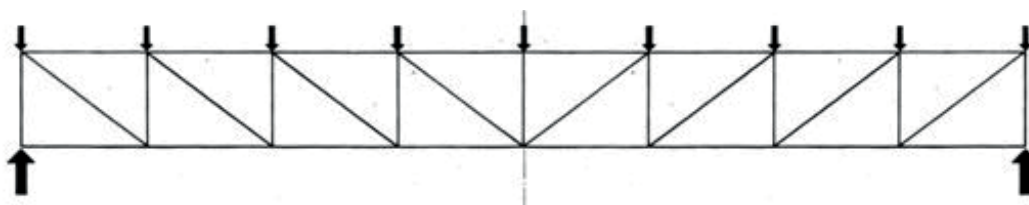
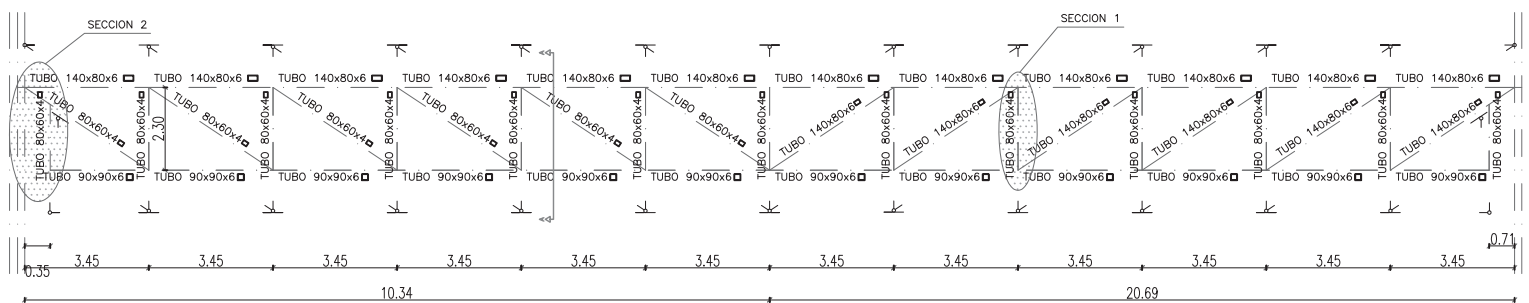


IMAGEN 3.18 Esquema de aplicación de fuerzas en una cercha.



CERCHA METALICA DE CUBIERTA  
ESCALA 1:100

IMAGEN 3.19 Dimensionamiento de la cercha tipo de la cubierta de la sala de ensayos. Escala 1:100 [27]

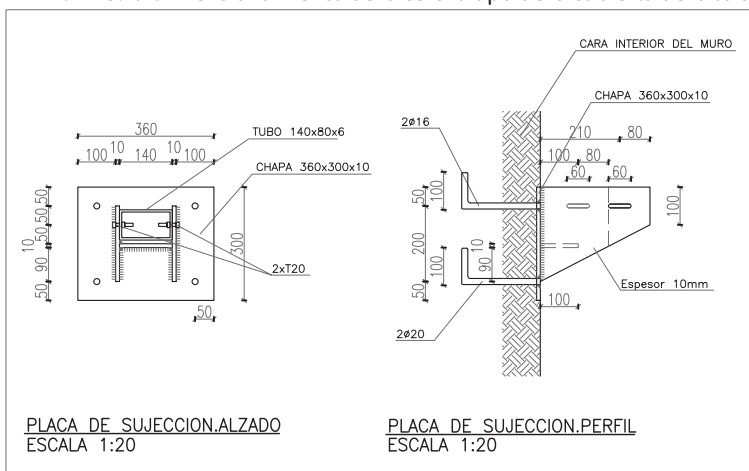


IMAGEN 3.20 Detalle del apoyo de la cercha. Escala 1:40 [27]

En el propio auditorio tenemos vigas de celosía tipo Pratt con una luz de 21m y una correa de 0.8m. Éstas deberán transmitir a sus correspondientes apoyos las cargas transmitidas por la cubierta ligera así como el peso propio de las cerchas y las sobrecargas que se prevengan. Como se ve en la imagen 3.18, los diferentes cordones que la componen quedan dimensionados diferentemente ya que cada uno trabajará de una manera y con una carga diferente. Posteriormente se analizará la cercha al completo con la modelización informática y se comprobará este dimensionado.



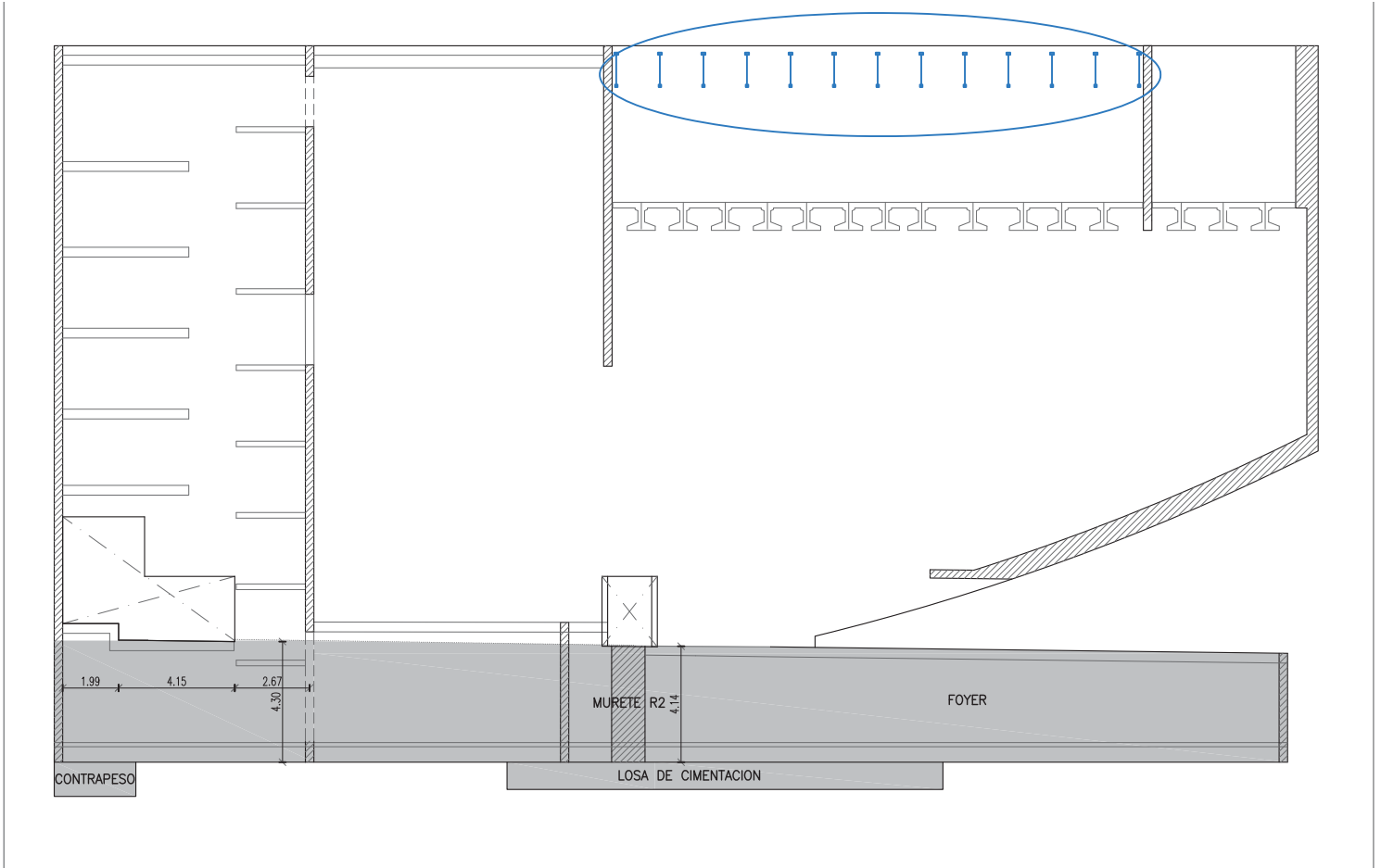


IMAGEN 3.21 Esquema de situación de las cerchas [27]

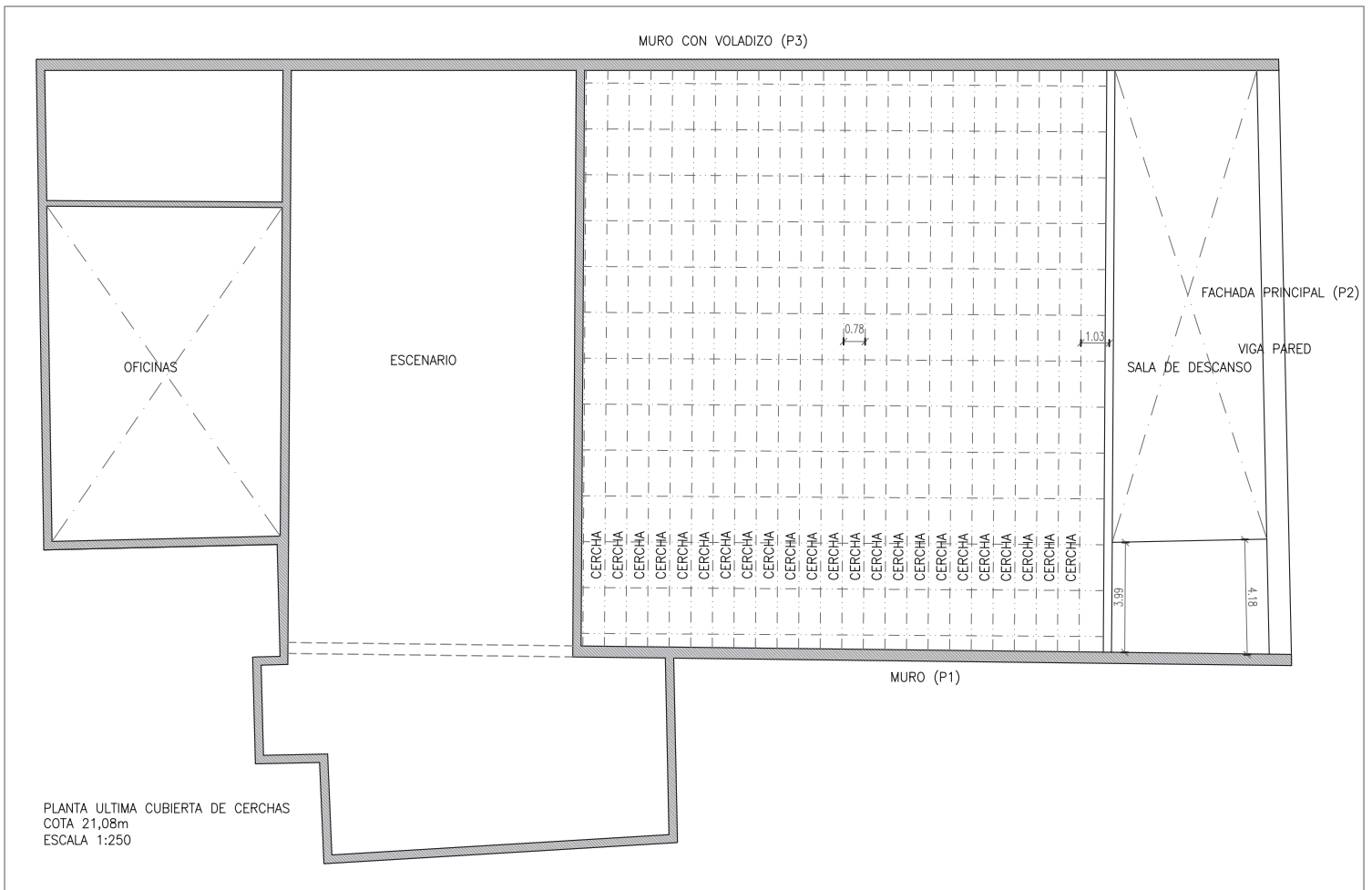


IMAGEN 3.22 Planta situación de las cerchas. Escala 1:250 [27]

### 3.5 POSTESADO.

#### CONCEPTO

Antes de proceder a explicar el concepto de hormigón postesado, se van a aclarar sus diferencias y similitudes respecto al hormigón pretensado.

El postesado, es aquel que tras ser vertido y fraguado, se somete a compresión con armaduras activas, como cables o barras de acero en su interior. Estas armaduras se tensan después de que el hormigón haya adquirido consistencia sólida y su completa resistencia.

El pretensado, al contrario, es aquel en el que estas armaduras se tensan antes de que ocurra este proceso de hormigonado.

El hormigón postesado, se utiliza principalmente en estructuras con mucha carga o gran separación entre los apoyos que la sostienen, por ejemplo para construir puentes. Son más difíciles de ejecutar pero al final, en estas condiciones, acaba marcando la diferencia. El tensado se desarrolla en la misma obra, in situ. [31]

El pretensado tiene una mayor resistencia a la oxidación, al vertirse el hormigón directamente en las barras o cables ya tensados. Por este motivo y por el proceso de transferencia de tensión mediante la adherencia, se suelen prefabricar en un taller y luego trasladarlos a la obra, al contrario que el postesado.

Son elementos generalmente más pequeños, entre los que encontraríamos dinteles, vigas fundacionales, pilotes o balcones. [31]

Sin embargo ambos procesos se incluyen en el término general de hormigón pretensado [30], ya que en los dos, las armaduras se tensan antes de que estos elementos estructurales reciban sus correspondientes cargas, se precargan.

#### EL TENSADO

Para aplicar este esfuerzo, tenemos que recurrir a diagramas de esfuerzos, pero dicho de manera simple: Se actúa con la intención de reducir las tracciones. El hormigón tiene las resistencias a tracción muy reducidas, como cualquier otro pétreo.

En el caso de tratar con una viga sería suficiente con aplicar un par de esfuerzos axiales a cada extremo de una viga que nos comprimieran ésta, así reduciríamos las tracciones en la sección inferior (la más sometida a tracción). Lo que también pasaría es que aumentaríamos las compresiones, pero tratando con un pétreo, en situaciones convencionales no debería de preocuparnos.



IMAGEN 3.23 Esquema de axiles provocados por una compresión aññaidda, postesado.

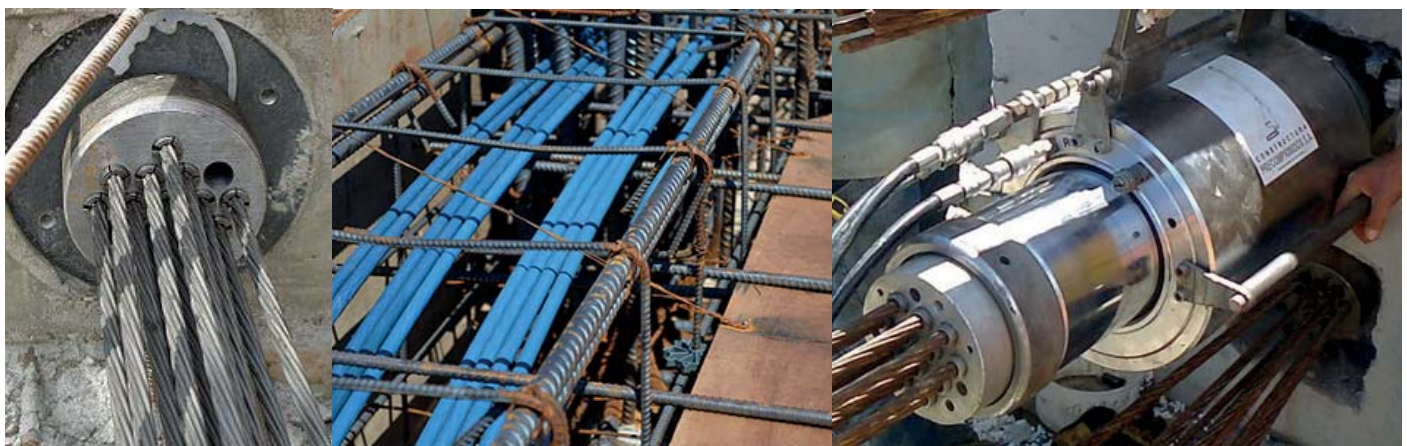


IMAGEN 3.24 Cables, postesado.

IMAGEN 3.26 Gato hidráulico, postesado.

Si en lugar de aplicar los esfuerzos en el centro de gravedad de la sección, son excéntricos, no sólo se introduce la compresión deseada, sino que también se originan momentos flectores en los apoyos, contrarios a los existentes, lo que generaría una ley constante que sumada a la actual reduciría el flector en el centro de vano. Se aumenta la tracción en la parte superior de la viga en los apoyos, pero se reduce en el centro de vano.

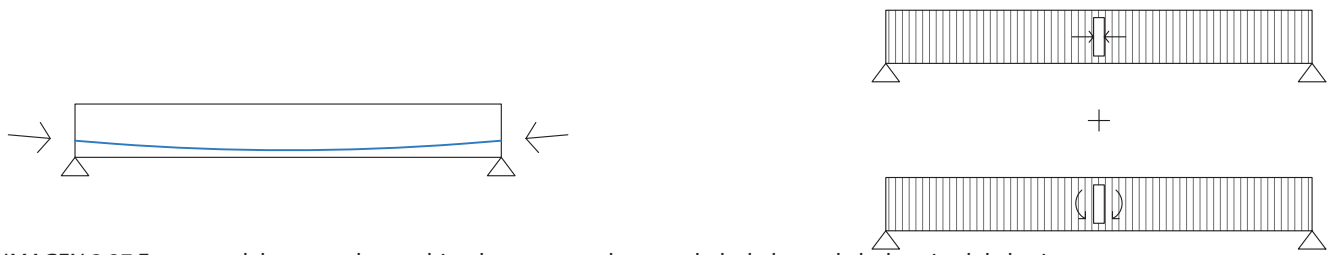


IMAGEN 3.27 Esquema del postesado, cambiando su centro de gravedad a lo largo de la longitud de la viga.

La ventaja principal del hormigón pretensado con respecto al hormigón armado ya se ha comentado: la posibilidad de reducir las tracciones y momentos, y por lo tanto cubrir luces más amplias.

- Al reducir las tracciones, se reduce también la fisuración, aumentando su vida útil.
- Las estructuras son más dúctiles.
- Aumenta la capacidad resistente de las estructuras y por tanto disminuye su dimensionado al igual que sus deformaciones.

Aunque hay ciertos aspectos a tener en cuenta:

- Se requiere tecnología especializada, no necesaria en hormigón armado.
- El uso de materiales resistentes es costoso.
- Existe un coste adicional en equipos auxiliares.
- Se necesita un control de calidad y una inspección más preciso.
- La complejidad de análisis que conlleva.
- La armadura activa presenta mayor sensibilidad a la corrosión que la armadura pasiva.
- Peligrosidad en la puesta en obra del hormigón postesado y en la demolición de estructuras pretensadas.
- Si bien la estructura es más dúctil, es también más frágil en cuanto al fallo del pretensado. Si el pretensado rompe, la estructura colapsará de manera frágil. [32]



IMAGEN 3.28 Esquema de los momentos resultantes tras el postesado, M1 es el original y M2 el postesado,  $M1-M2$ , el final en centro de vano.



IMAGEN 3.29 Fotografía de la construcción de un puente mediante el postesado.

## 4 MODELO

### 4.1 ESTRATEGIA DE MODELIZACIÓN

Para estudiar el comportamiento de la estructura del edificio objeto de estudio, se ha modelizado la estructura mediante el programa informático AutoCad 2016©.

Debido a las grandes dimensiones y geometrías complejas de todos los elementos que componen la estructura y a la tipología estructural de el edificio, colaborante en todos sus elementos de manera que llegan a ser uno solo, se modeliza en general mediante el método de elementos finitos.

Aunque también analizaremos al detalle las vigas prefabricadas postesadas y las cerchas de cubierta, ambas comentadas y descritas de manera gráfica anteriormente.

A estos elementos, se les han asignado propiedades geométricas y mecánicas e insertado entidades gráficas diversas que simbolizan las acciones, apoyos mediante la aplicación de Architrave©, compatible con AutoCad 2016©.

Una vez elaborado el modelo y los elementos gráficos que lo componen, se exporta al programa de cálculo y dimensionamiento de estructuras Architrave© con un fichero en formato .ave, donde se analizan, se dimensionan y se obtienen los resultados de cálculo del modelo.



IMAGEN 4.1 Logo autocad.



IMAGEN 4.2 Logo architrave.

El cálculo mediante elementos finitos permite un estudio detallado sobre las solicitaciones, tensiones y deformaciones de cada punto dentro de una gran malla superficial, lo que lo hace especialmente adecuado para edificios con una gran presencia de elementos estructurales superficiales como es el caso del teatro y auditorio de Torreveja.

Se trata de un método aproximado, pero muy preciso si se ejecuta correctamente. Para obtener unos buenos resultados que se aproximen a la realidad se debe realizar un correcto modelado. Además, cuantos más pequeños sean los elementos finitos mayor será la precisión, tanto para calcular las ecuaciones diferenciales, como para adaptarse a la geometría real del elemento estructural.

Analizaremos el edificio de dos maneras, una conjunta donde se verán todos los elementos modelizados y se mostrará cómo estos colaboran entre sí y una más pormenorizada, donde analizaremos y calcularemos al detalle la losa de la platea, el muro en voladizo P3, las vigas prefabricadas postesadas y las cerchas de cubierta.

El cálculo de la losa de la platea y el muro volado P3 se llevará a cabo mediante el ya descrito método de elementos finitos.

Las vigas prefabricadas postesadas las aislaremos con sus correspondientes cargas y las calcularemos, de la misma manera que haremos con las cerchas de cubierta, como elementos lineales.

## 4.2 ASIGNACIÓN DE LAS CARGAS

Para la asignación de cargas sobre la estructura del auditorio de Torrevieja se seguirá lo establecido en el CTE, en concreto el Documento Básico de Seguridad Estructural - Acciones en la edificación. [33]

Se establecen tres tipos de cargas distintas: permanentes, variables y accidentales. Para este análisis del auditorio se tendrán en cuenta las permanentes y las variables de uso, nieve y viento.

### 4.2.1 CARGAS PERMANENTES

Las cargas permanentes son básicamente las formadas por el peso propio de la estructura y de los elementos constructivos como pavimentos, tabiquería, cerramientos, falsos techos, etc., además del mobiliario o maquinaria fija.

En el auditorio, se considera que el peso propio de la estructura supone un porcentaje muy elevado de las cargas gravitatorias permanentes totales, ya que se trata de una estructura pesada de hormigón armado. El software informático Architrave© empleado para el análisis tiene en cuenta el peso del material al indicar el tipo de hormigón utilizado en cada caso y el espesor en cada tramo. Por este motivo, no es necesario introducir de manera externa las cargas correspondientes al peso propio de la estructura.

En el cálculo del edificio se han utilizado los siguientes materiales:

- Hormigón de limpieza: HM-15/B/40
- Hormigón en Losas: HA-25/B/20/IIa
- Hormigón en muros contra el terreno: HA-25/B/20/ IIa
- Hormigón Estructura Interior: HA-25/B/20/I
- Muros y Losas Postesadas HP-40/P/20/IIb
- Vigas Prefabricadas Postesadas HP-45/P/20/IIb
- Acero para armar: B-500S
- Acero Estructural: S 275 JR

Para este análisis, se establece que el valor de la carga permanente aplicada es de 2 kN/m<sup>2</sup> como suma de las siguientes cargas:

-Mobiliario: 0,5 kN/m<sup>2</sup>

-Pavimento + mortero de agarre: 1 kN/m<sup>2</sup>

-Instalaciones colgadas + falso techo: 0,32 + 0,18 kN /m= 0,5 kN/m<sup>2</sup>

Esta carga si será puesta manualmente al programa Architrave© para que la tenga en cuenta ya que no es automática.

## 4.2.2 CARGAS VARIABLES

Entendemos por cargas variables aquellas que o no tienen un carácter permanente, es decir, que actúan únicamente durante un intervalo de tiempo. O son cargas con un módulo variable, es decir, no actúan siempre con la misma fuerza a lo largo del tiempo.

Las cargas variables más significativas son la sobrecarga de uso, el viento, y la sobrecarga de nieve.

En cuanto a la sobrecarga de uso, se establece lo recogido en la tabla “3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso” del DB SE - Acciones en la edificación del CTE (Imagen 3.11).

-Se estima una sobrecarga de uso de  $4\text{kN/m}^2$  en la losa de la platea donde hay asientos fijos ya que constituye las gradas como se ha observado en los capítulos anteriores.

-Se estima una sobrecarga de uso de  $1\text{kN/m}^2$  en el forjado de cubierta formado por las cerchas.

-Se estima una sobrecarga de uso de  $5\text{kN/m}^2$  en el resto de forjados como por ejemplo, el formado por las viguetas prefabricadas postesadas, el forjado de la sala de ensayos.

**Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso**

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

IMAGEN 4.3 Sobrecargas de uso sacadas del Código Técnico de la edificación. [33]

### 4.2.3 CARGA DE NIEVE

La carga de nieve sólo se tiene en cuenta en el último forjado.

De acuerdo con el apartado 3.5 Nieve del CTE, el valor de la carga se obtiene a partir de la expresión  $q = u \cdot s_k$ , donde  $u$  es el coeficiente de forma de la cubierta según 3.5.3; y  $s_k$  el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2. Al tratarse de una cubierta plana (inferior a  $30^\circ$ )  $u = 1$

Para Torrevieja se establece un valor de  $0,2 \text{ kN/m}^2$  (entre Alicante y Murcia  $0.2$  cada uno).

**Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas**

Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,7
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,2
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,9
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,4
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,2
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	950	0,9
Cádiz	0	0,2	Málaga	40	0,2	Teruel	550	0,5
Castellón	0	0,2	Murcia	130	0,2	Toledo	0	0,2
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	230	0,4	Valencia/València	690	0,4
Córdoba	100	0,2	Oviedo	740	0,5	Valladolid	520	0,7
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	0	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,4
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,5
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,2
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla		

IMAGEN 4.4 Sobrecargas de nieve sacadas del Código Técnico de la edificación. [33]

### 4.2.4 CARGA DE VIENTO

Para el caso de Torrevieja, zona B, tendremos una presión dinámica de  $0.45 \text{ kN/m}^2$ .

- 4 El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura D.1. El de la presión dinámica es, respectivamente de  $0,42 \text{ kN/m}^2$ ,  $0,45 \text{ kN/m}^2$  y  $0,52 \text{ kN/m}^2$  para las zonas A, B y C de dicho mapa.



IMAGEN 4.5 Mapa de zonificación eólica sacado del Código Técnico de la edificación. [33]

### 4.3 COMBINACIÓN DE CARGAS

Teniendo en cuenta que el peso propio se incluye como ya se ha descrito, estas serán las cargas a las que el edificio estará expuesto.

PLANTA	Q PERMANENTE	Q VARIABLE	Q NIEVE	Q VIENTO
Losa platea	2KN/m <sup>2</sup>	4KN/m <sup>2</sup>	0KN/m <sup>2</sup>	0KN/m <sup>2</sup>
Cubierta	2KN/m <sup>2</sup>	1KN/m <sup>2</sup>	0.2KN/m <sup>2</sup>	0KN/m <sup>2</sup>
Forjado vigas post.	2KN/m <sup>2</sup>	5KN/m <sup>2</sup>	0KN/m <sup>2</sup>	0KN/m <sup>2</sup>
Resto forjados	2KN/m <sup>2</sup>	5KN/m <sup>2</sup>	0KN/m <sup>2</sup>	0KN/m <sup>2</sup>
Muros exteriores	0KN/m <sup>2</sup>	0KN/m <sup>2</sup>	0KN/m <sup>2</sup>	0.45KN/m <sup>2</sup>

La combinación de cargas la realiza el programa Architrave© una vez son asignados los valores de ponderación de cada acción según el DB-SE

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \tag{4.3}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), incluido el pretensado ( $\gamma_P \cdot P$ );
- b) una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ( $\gamma_Q \cdot Q_k$ ), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ( $\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$ ).

IMAGEN 4.6 Modo de elaboración de las combinaciones, CTE. [33]

Los coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones en ELU son:

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0

IMAGEN 4.7 Coeficientes parciales de seguridad ELU. [33]

Y los coeficientes de simultaneidad a aplicar en ELU y ELS son:

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0

IMAGEN 4.8 Coeficientes de simultaneidad ELU y ELS. [33]



En base a lo extraído del documento se establecen diferentes combinaciones de cargas en función de si estamos analizando los Estados Límite Últimos (ELU) o los Estados Límite de Servicio(ELS), considerando en cada caso para una acción variable como principal, quedando de la siguiente manera:

-ELU\_Estados Límites Últimos (Criterios resistentes).

Cargas de Uso como hipótesis variable principal:

$$\text{Combinación 1} = 1,35 \times H1 + 1,5 \times H2 + 1,5 \times 0,5 \times H3 + 1,5 \times 0,6 \times H4$$

Cargas de Nieve como hipótesis variable principal:

$$\text{Combinación 2} = 1,35 \times H1 + 1,5 \times 0,7 \times H2 + 1,5 \times H3 + 1,5 \times 0,6 \times H4$$

Cargas de Viento como hipótesis variable principal:

$$\text{Combinación 3} = 1,35 \times H1 + 1,5 \times 0,7 \times H2 + 1,5 \times 0,5 \times H3 + 1,5 \times H4$$

-ELS\_Estados Límites de Servicio (Criterios de desplazamiento y deformación).

$$\text{Uso\_Combinación 1} = 1 \times H1 + 1 \times H2 + 1 \times 0,5 \times H3 + 1 \times 0,6 \times H4$$

$$\text{Nieve\_Combinación 2} = 1 \times H1 + 1 \times 0,7 \times H2 + 1 \times H3 + 1 \times 0,6 \times H4$$

$$\text{Viento\_Combinación 3} = 1 \times H1 + 1 \times 0,7 \times H2 + 1 \times 0,5 \times H3 + 1 \times H4$$

H1 : Cargas verticales permanentes.

H2 : Cargas verticales variables.

H3 : Nieve.

H4 : Viento.

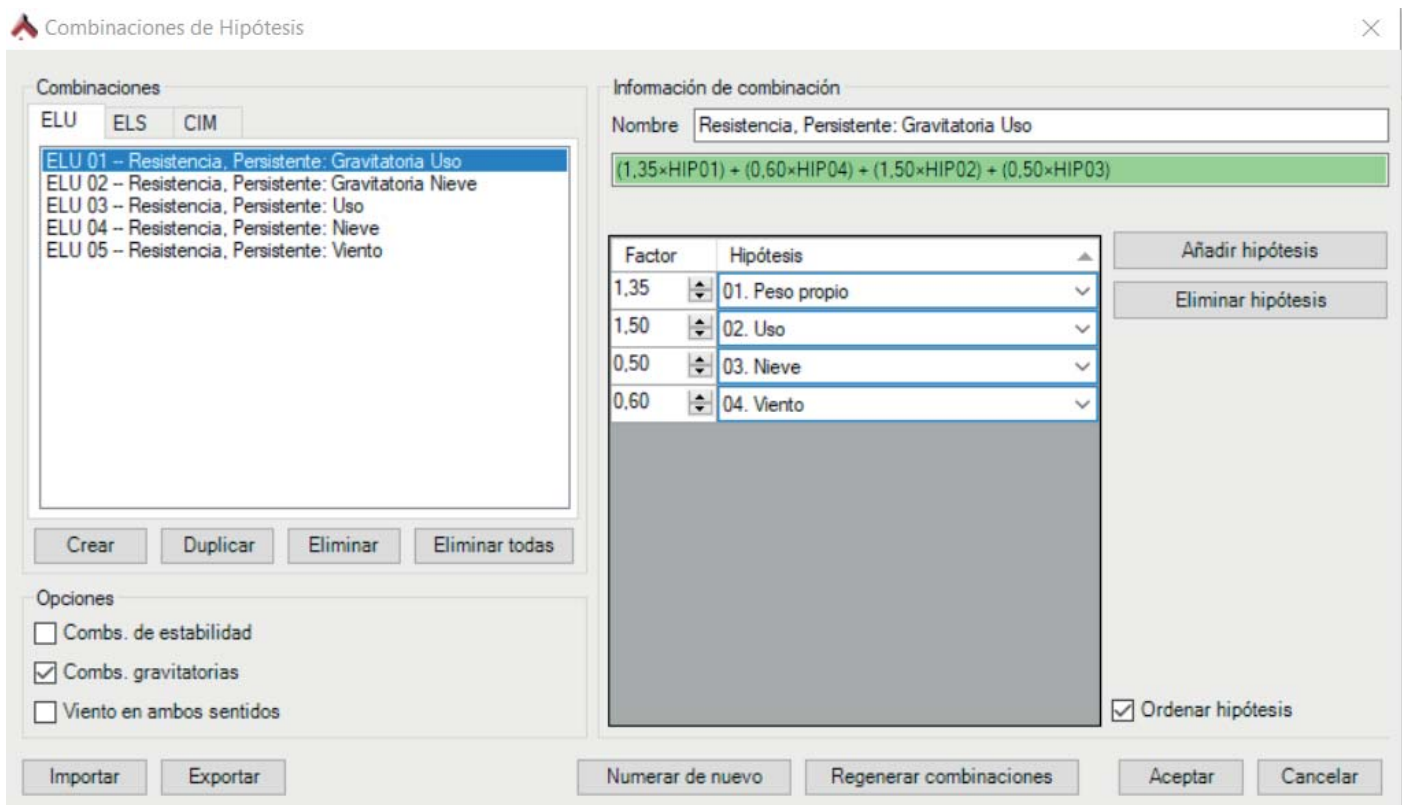


IMAGEN 4.9 Captura Architrave© Combinación 1 ELU.

#### 4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

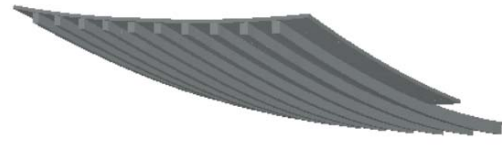
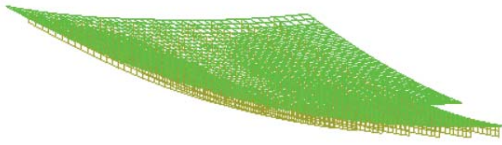


IMAGEN 4.10 Representación volumétrica del modelado de la losa de la platea, alambre y sólido.

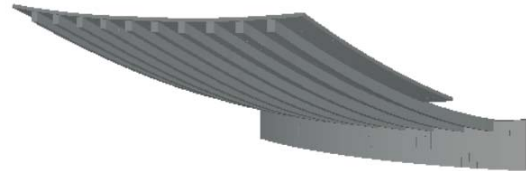
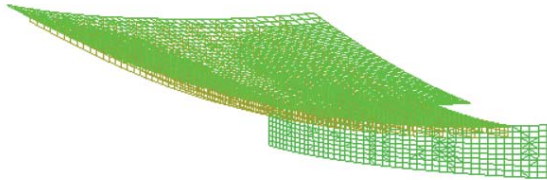


IMAGEN 4.11 Representación volumétrica del modelado de la losa y el murete R2, alambre y sólido.

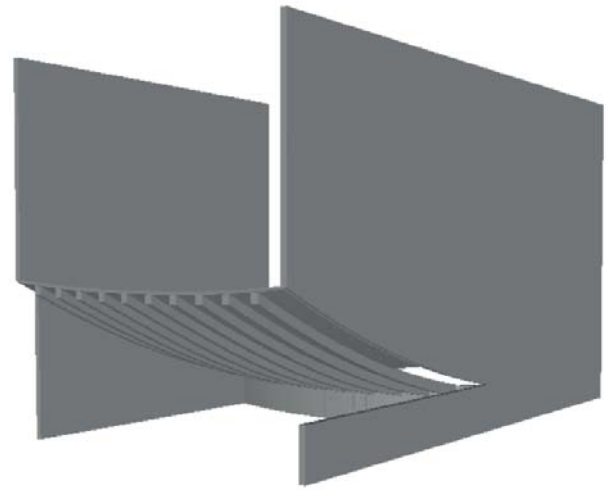
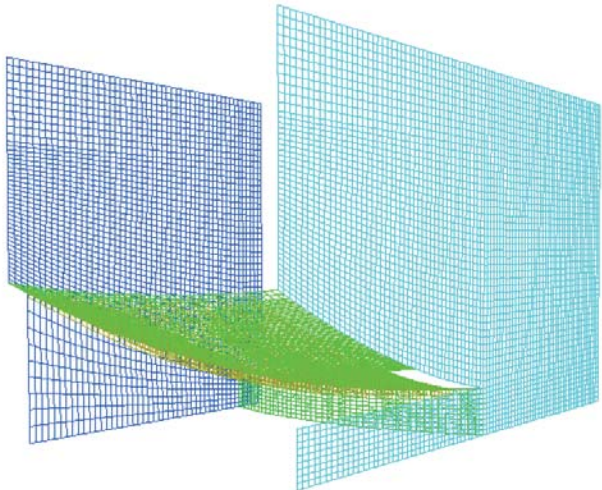


IMAGEN 4.12 Representación volumétrica del modelado de la losa, el murete R2 y los muros P1 y P3, alambre y sólido.

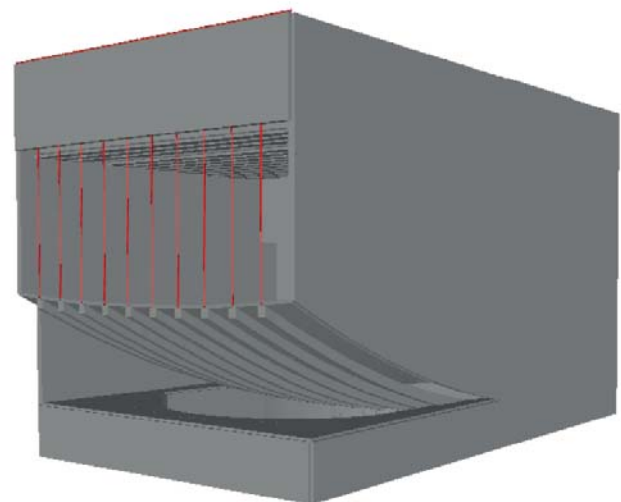
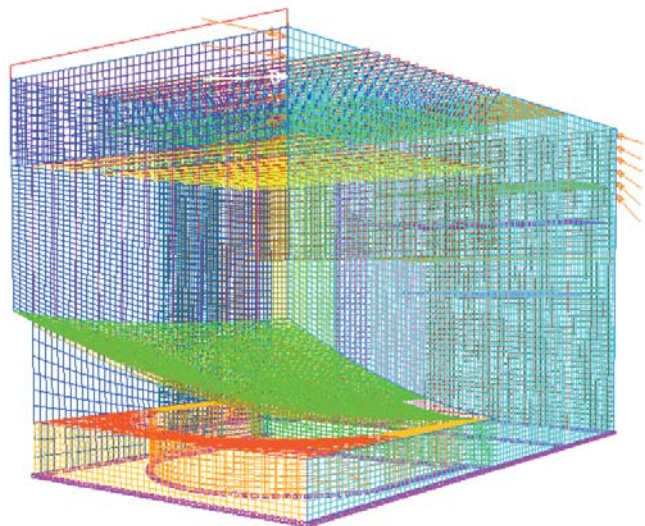


IMAGEN 4.13 Representación volumétrica del modelado del edificio completo, alambre y sólido.

#### 4.4.1 ANÁLISIS GENERAL, COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Se reproduce fielmente el edificio en Autocad®, ya que se tienen los planos de ejecución. Una vez terminado el modelo informático con las cargas aplicadas, se procede a calcularlo y obtener los resultados mediante el programa informático Architrave®. Con este software se obtienen los valores de las tensiones y deformaciones, además de los momentos flectores, cortantes y axiles de cada elemento estructural.

Como se ve en las figuras anteriores, no se representa el cerramiento frontal así como la cubierta, pero se han calculado sus efectos y se han sustituido por cargas equivalentes.

Cerramiento = 7KN/m en la fachada frontal

Cubierta =  $(2\text{KN/m}^2 + 1\text{KN/m}^2 + 0,2\text{KN/m}^2) \times \text{ámbito de cada elemento soporte}$

En la deformada se aprecian los puntos de mayor deformación, completamente lógicos, como son el centro de la losa de la platea o el punto extremo del voladizo.

Hay que tener en cuenta que el edificio no sólo deforma cediendo verticalmente a causa de sus cargas gravitatorias, sino que también lo hace lateralmente a causa de la no simetría entre muros soporte. El muro P1 transmite sus cargas al suelo en toda su longitud mientras que el muro P3 tiene un voladizo de 18m.

Se observa también, mediante la representación de la deformada, cual es el funcionamiento de la estructura. Como el modelo informático aún no incluye los esfuerzos de postesado, la deformada alcanza valores mayores que los reales.

A continuación, nos disponemos a analizar detalladamente el comportamiento de cada uno de los elementos que forman la estructura de la obra, donde cuando sea posible y necesario, incluiremos las fuerzas de postesado.

Estos serán:

- La losa de la platea.
- El muro volado P3.
- Las vigas prefabricadas postesadas, forjado de la sala de ensayos.
- Las cerchas de cubierta de la sala de ensayos.

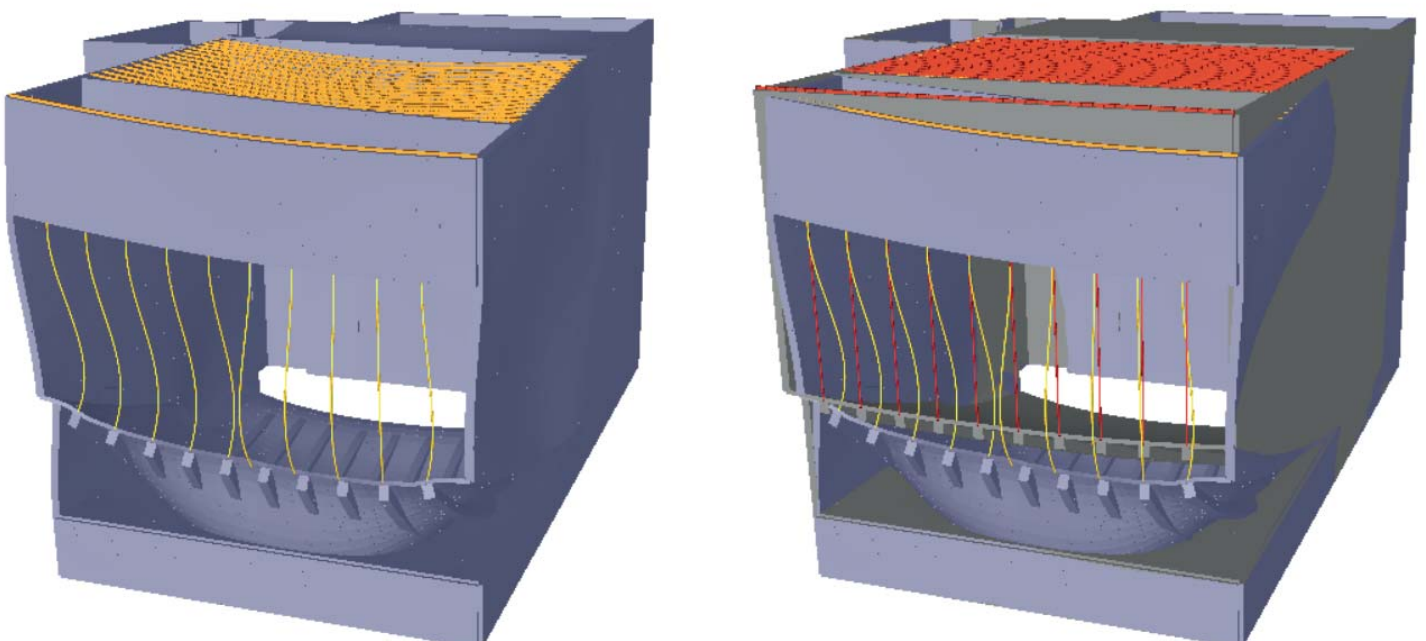


IMAGEN 4.14 Representación volumétrica de la deformada completa del edificio.

4.4.1 ANÁLISIS PORMENORIZADO, LA LOSA DE LA PLATEA.

La losa de la platea se modeliza en Autocad© y se reproduce de manera certera su geometría. Es un elemento complejo con tres curvas en tres direcciones diferentes y se modela tal como es.

Como se explicó en el apartado 3.4.1 Losa de la platea (pag. 24), la losa posee 10 nervios de postesado que actúan como vigas. Estos serán los encargados de transmitir el peso propio de la losa, así como sus correspondientes cargas permanentes y variables al murete de apoyo R2 y a los tirantes, que a su vez descargarán en la viga pared.

Así pues, se representa la losa de unos 20 cm que vendría a ser básicamente su capa de compresión, y también se representan los nervios que la sostienen ( 70cm canto, 50cm grosor). Estos dos elementos, modelados mediante el método de elementos finitos son los que nos darán los resultados deseados.

-LOSA:

En la Imagen 4.15 correspondiente a las tensiones Sx, podemos ver una acumulación de tensiones de compresión en la parte inferior alrededor de los 16N/mm<sup>2</sup> y unas tracciones con un valor máximo de 8N/mm<sup>2</sup>.

En la imagen 4.16 correspondiente a los esfuerzos en el eje y se aprecia una concentración de compresiones en el punto de contacto del muro P3 con la losa de 16KN/mm<sup>2</sup>. Y unas tracciones máximas del orden de 7 KN/mm<sup>2</sup>.

En las deformaciones se ve como es lógico un incremento de ellas en el centro de la losa de hasta unos 7,4cm, y una ausencia de ellas como también es coherente en sus apoyos con el murete R2 y con el muro perimetral P1.

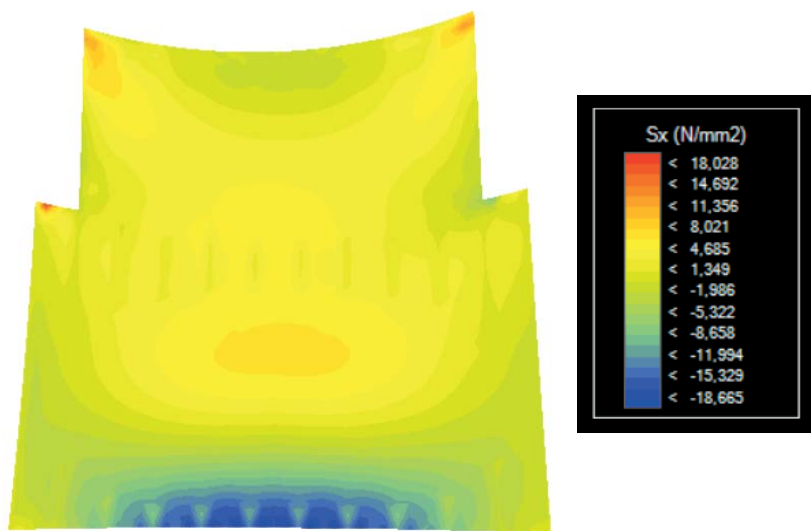


IMAGEN 4.15 Tensiones Sx de la capa superficial de la losa de la platea.

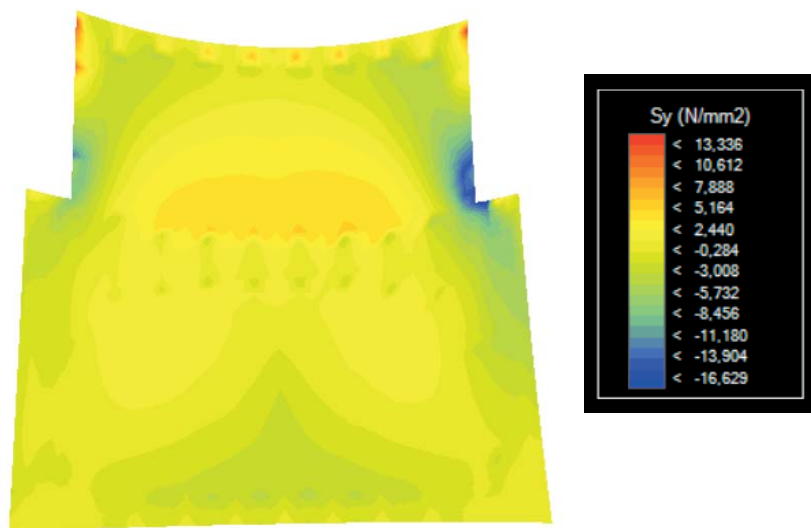


IMAGEN 4.16 Tensiones Sy de la capa superficial de la losa de la platea.

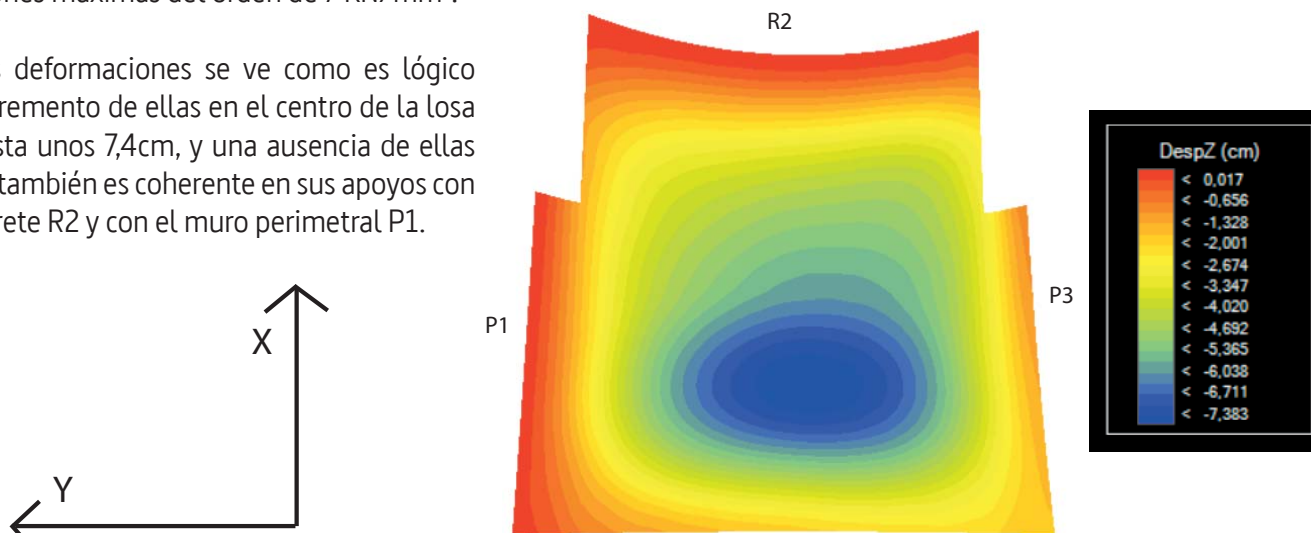


IMAGEN 4.18 Desplazamientos Dz de la capa superficial de la losa de la platea.

IMAGEN 4.17 Ejes para visualizar las tensiones.

-NERVIOS:

Se observan en la Imagen 4.19 correspondiente a los esfuerzos en el eje x, axil al nervio, un exceso de tracciones en la parte inferior del centro del vano que no nos sorprenden, debido a la cantidad de cargas que soporta, pero sobre todo a su luz de más de 22m. Estas fuerzas de tracción llegan hasta los 14,5KN/mm<sup>2</sup>.

También se pueden apreciar unas deformaciones de 5cm que no cumplen con la deformación máxima de 1/500 establecida según la norma vigente española, al considerarla como biapoyada.

$$22,3/500 = 4,4\text{cm} < 5\text{cm}, \text{ No cumple}$$

Han de incluirse como no se han hecho en este apartado debido a la complejidad geométrica de la losa de la platea, las fuerzas de postesado. En la losa ejecutada y que podemos ver en Torrevieja si que existen estas fuerzas como hemos podido ver en el apartado 3.4.1 Losa de la platea (pag. 24). Se deja pendiente este apartado para futuros análisis o ampliaciones del trabajo. Pero se deja claro que es completamente necesario para la ejecución de la losa así como para que sus cargas sean transmitidas al resto de elementos estructurales.

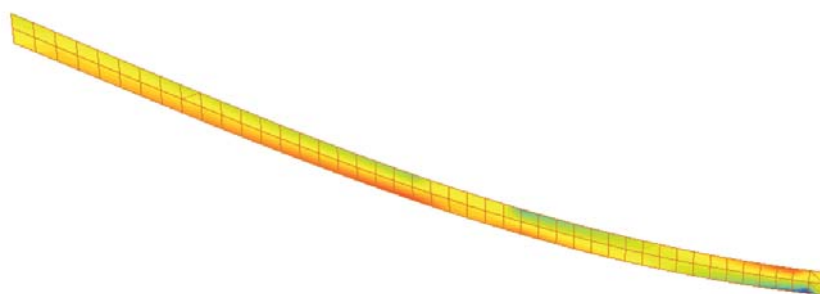
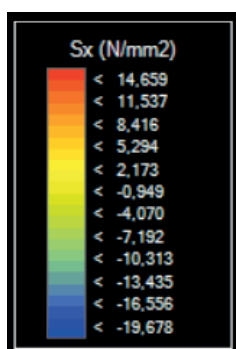


IMAGEN 4.19 Tensiones Sx del nervio más desfavorable.

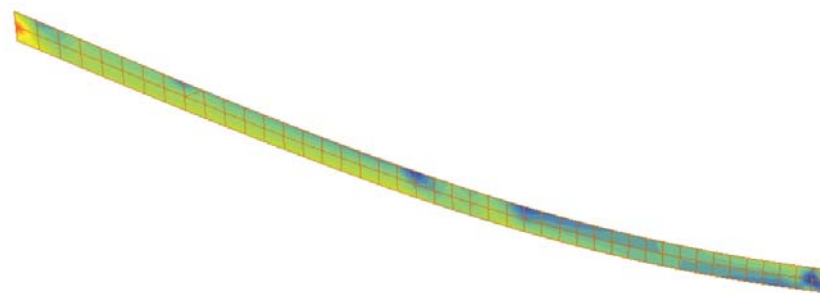
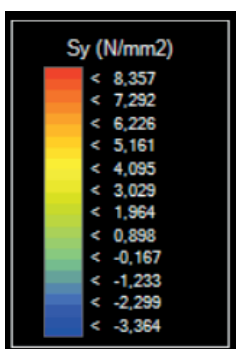


IMAGEN 4.20 Tensiones Sy del nervio más desfavorable.

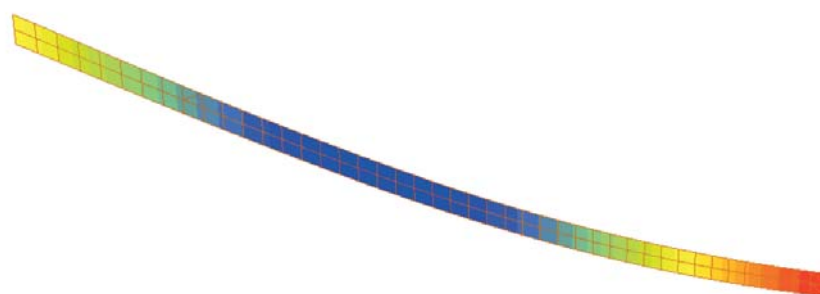
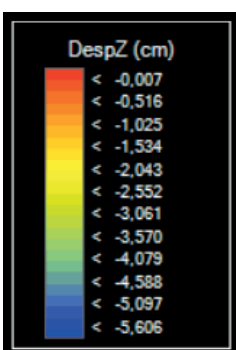


IMAGEN 4.21 Desplazamientos del nervio más desfavorable.

#### 4.4.2 MURO EN VOLADIZO P3.

Como se ha descrito en el apartado 3.4.3 Muro en voladizo (Pag. 28), se trata de un elemento superficial de hormigón que recoge la mitad de las cargas de la losa de la platea, la mitad de las de la sala de ensayos y la cubierta, además de presentar un voladizo de 18m.

Este muro sufre bastante a tracción en su parte superior como se ve en la imagen 4.23, hasta valores del orden de 10 N/mm<sup>2</sup>. Estos esfuerzos deberán ser absorbidos por las armaduras ya que el hormigón carece de resistencias a este esfuerzo. Será el postesado el que nos reduzca estos valores y optimice las resistencias del muro haciendo trabajar al pétreo como mejor sabe hacer, a compresión.

El muro sufre deformaciones verticales descendentes máximas en el extremo del voladizo, como es lógico pero también sufre de pandeo debido a lo explicado en el apartado 4.4.1 Análisis general de la estructura (Pag.43). Estos valores no son muy grandes pero deberán ser menores. El postesado será el encargado de reducir estos desplazamientos.

En la página siguiente veremos como se ha modelizado el postesado y si de verdad es útil para reducir tanto las tensiones a tracción del muro como sus desplazamientos.

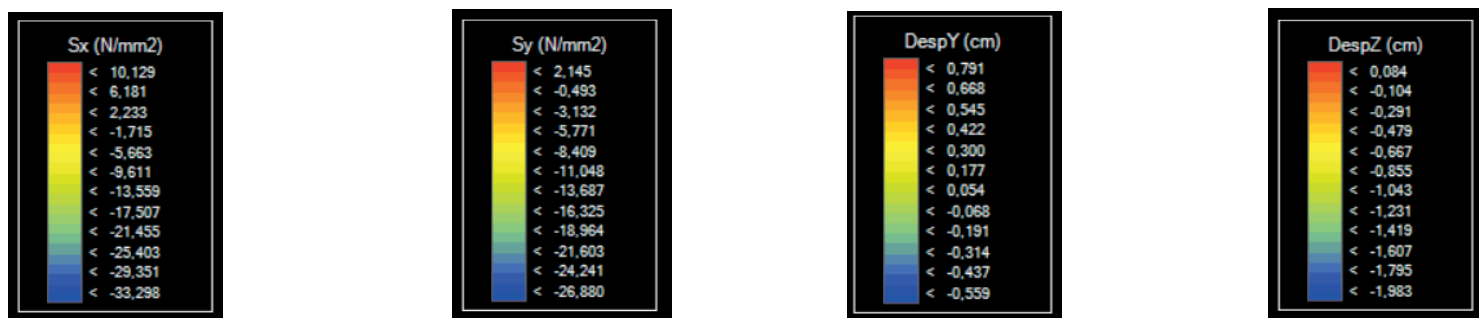


IMAGEN 4.22 Leyendas de tensiones Sx y Sy, además de los desplazamientos Dy y Dz, en ese orden. Muro sin postesar.

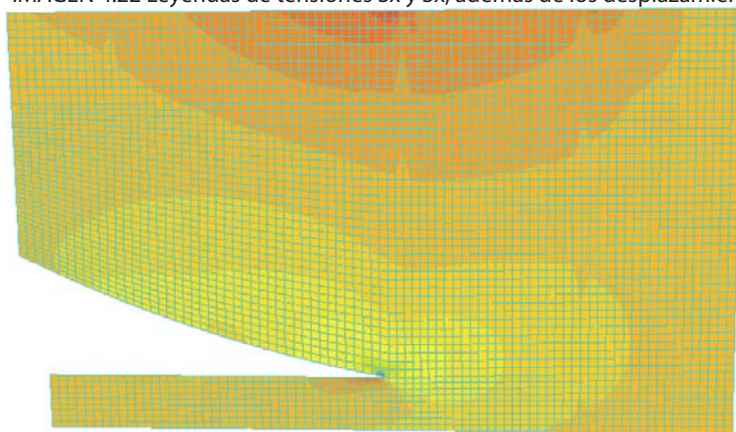


IMAGEN 4.23 Tensiones Sx del muro P3. Sin postesar.

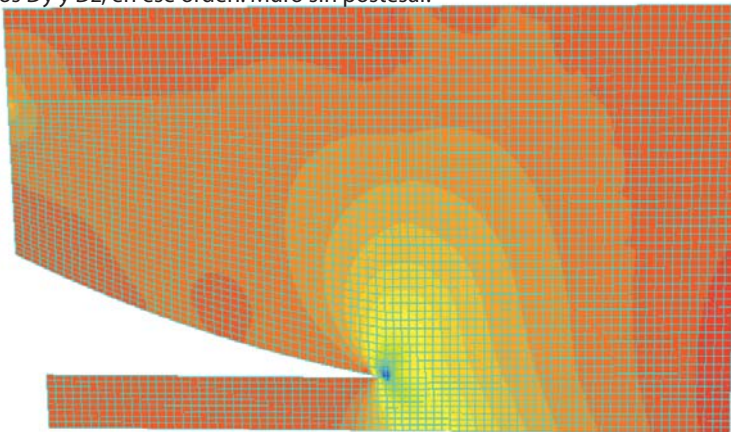


IMAGEN 4.24 Tensiones Sy del muro P3. Sin postesar.

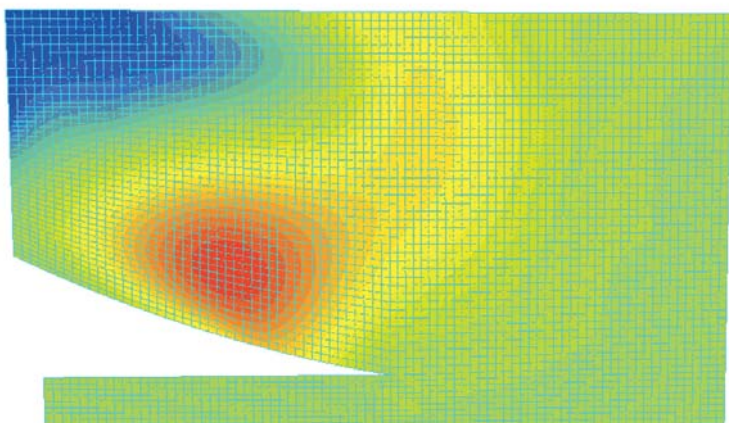


IMAGEN 4.25 Desplazamientos Dy del muro P3. Sin postesar.

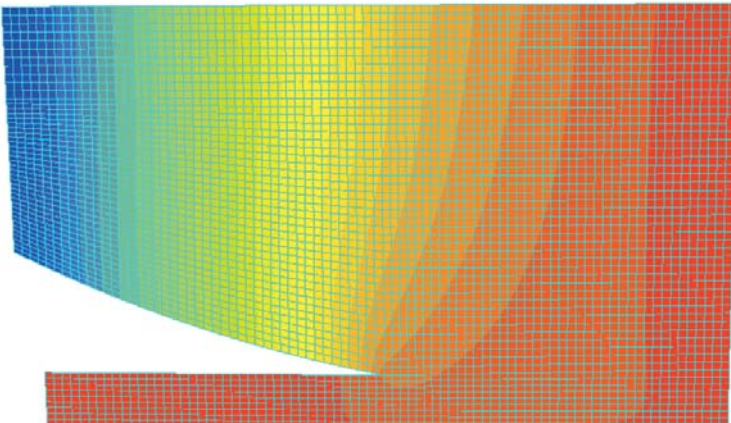


IMAGEN 4.26 Desplazamientos Dz del muro P3. Sin postesar.

-POSTESADO.

Como se ve en la imagen 3.10 del capítulo 3.4.3 Muro en voladizo (Pag. 28), los cables de postesado y su geometría inducen unos esfuerzos de compresión que afectan al muro.

En el modelado se sustituyen estos seis cables por sus fuerzas equivalentes en sus mismas direcciones y aplicadas en sus mismos puntos (Imagen 4.28).

El valor de estas fuerzas se ha hallado intuitivamente, con un ejercicio de tanteo mediante el programa Architrave© , en el que creando una nueva hipótesis d carga equivalente y cambiando luego los multiplicadores que le afectan, se modifica su módulo hasta dar con los resultados esperados. Hay que tener en cuenta que el postesado en situaciones normales, equivale a las cargas permanentes, así que se halla el valor de cada fuerza.

Serán 1000KN por cada una de las horizontales de los extremos y 500KN por cada una de las verticales descendentes.

Tras el postesado se aprecia un descenso notable de las tracciones de la parte superior del muro (Sx). Los desplazamientos verticales descendentes (Dz), así como los horizontales dados a causa del pandeo del muro (Dy) tambien han sido reducidos aunque en menor medida.

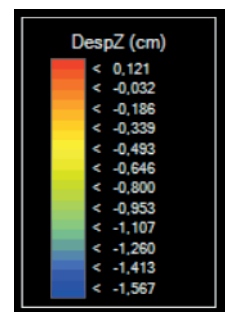
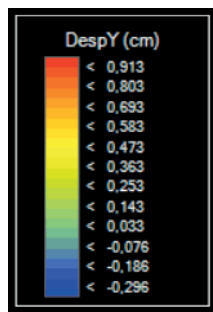
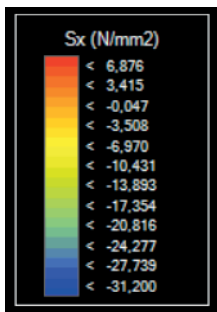


IMAGEN 4.27 Leyendas de tensiones Sx y Sx, además de los desplazamientos Dy y Dz, en ese orden. Muro postesado.

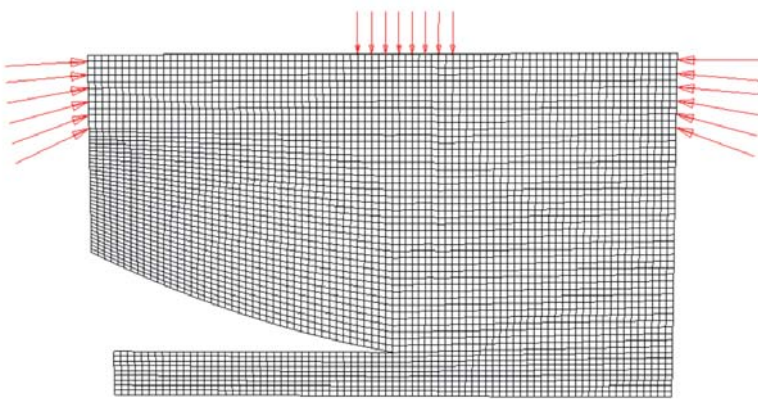


IMAGEN 4.28 Esquema del postesado realizado.

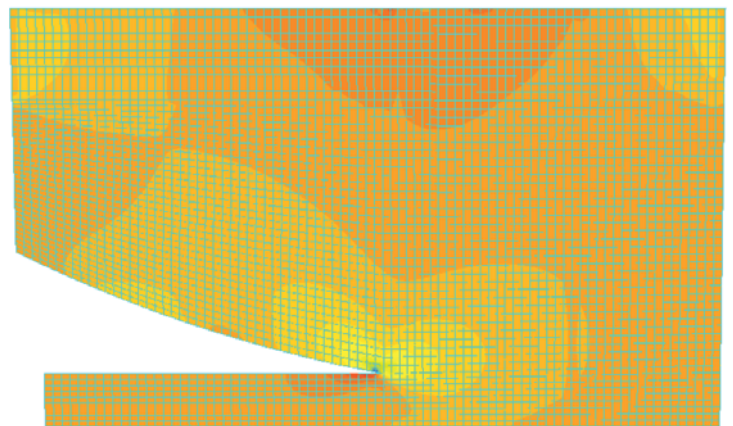


IMAGEN 4.29 Tensiones Sx del muro P3. Postesado.

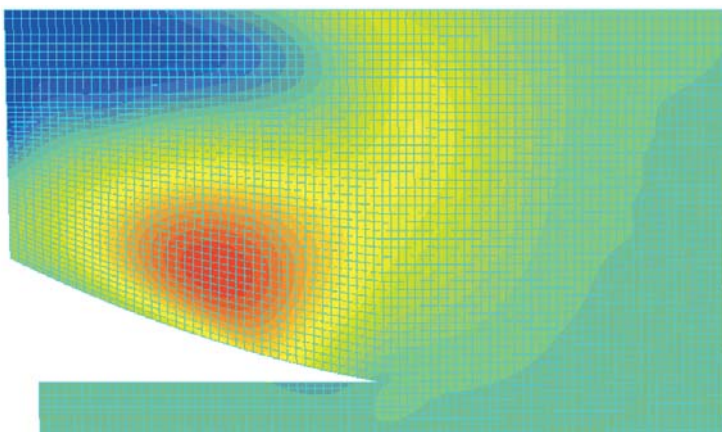


IMAGEN 4.30 Desplazamientos Dy del muro P3. Postesado.

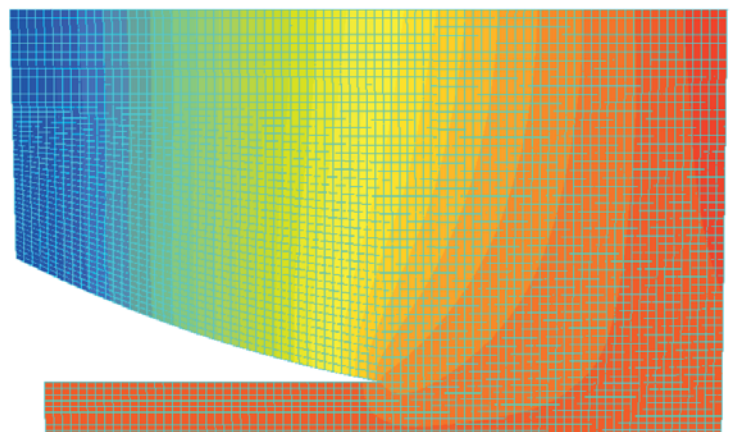


IMAGEN 4.31 Desplazamientos Dz del muro P3. Postesado.

### 4.4.3 VIGAS PREFABRICADAS POSTESADAS.

Para la modelización del forjado de la sala de ensayos compuesto por estas vigas, cogeremos como representativa la mas desfavorable, es decir la que tenga un ámbito de 1.5m y le aplicaremos las cargas permanentes y variables (peso propio ya incluido por Architrave©) que le corresponden (capítulo 4.2 pag. 37):

- Permanente =  $2\text{KN/m}^2 \times 1,5 = 3\text{KN/m}$
- Uso =  $5\text{KN/m}^2 \times 1,5 = 7,5\text{KN/m}$

Se modeliza apoyada-apoyada por que así es como está en obra, no le transmite momentos a los muros soporte.

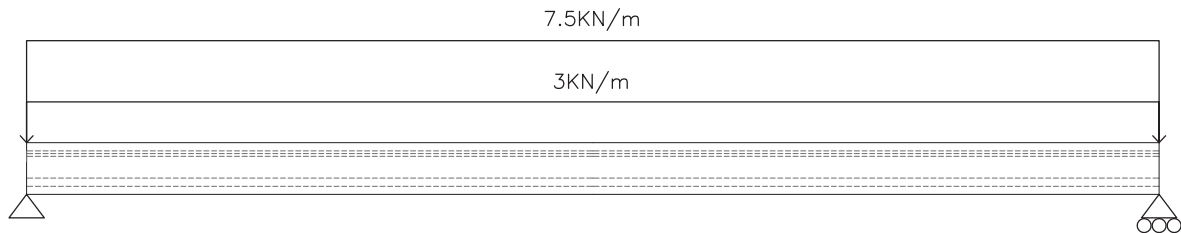


IMAGEN 4.32 Viga más desfavorable con sus respectivas cargas tanto permanentes como de uso. Sin postesar.

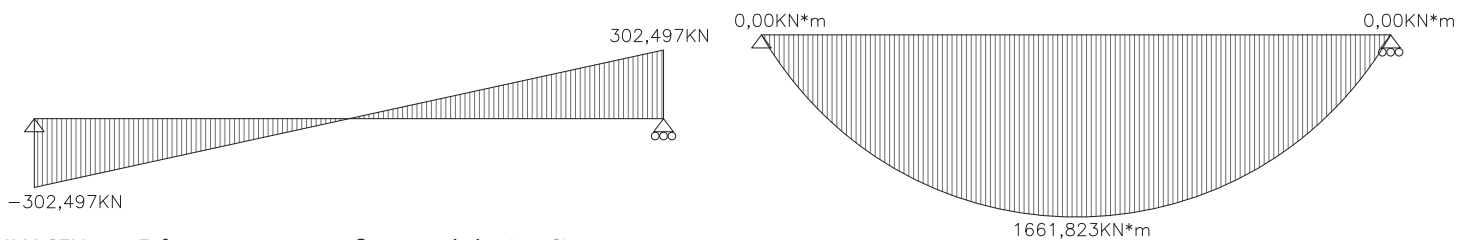


IMAGEN 4.33 Esfuerzos cortantes y flectores de la viga. Sin postesar.

La viga HP-45 debido a las cargas sometidas tendrá una deformada superior a la máxima permitida:

Deformará según Architrave©  $7,37\text{ cm} > L/500 = 21,5/500 = 4,3\text{cm}$ .

Estos resultados son diferentes a los reales ya que no se han incluido aún las fuerzas de postesado.

**POSTESADO.**

Se modeliza como se explicó en el capítulo 3.5 Postesado (pag. 34) con una fuerza de compresión y un momento de signo contrario al del vano, en cada apoyo. Se conoce que el momento no debería ser constante, sino que variaría a lo largo de la longitud de la viga, pero se trata de una simplificación para hallar el valor aproximado de las fuerzas de postesado.

Las fuerzas de postesado se hallan como se hizo con las del muro, con un ejercicio de tanteo incrementando estas hasta que la viga cumplía con las exigencias del CTE, es decir, cuando deforma menos de 4,3 cm.

Las siguientes figuras representan los valores mencionados, el momento positivo del postesado en los apoyos reduce el negativo del centro de vano reduciendo la deformada hasta pasando a ser de  $4,21\text{cm} < 4,3\text{cm}$ .

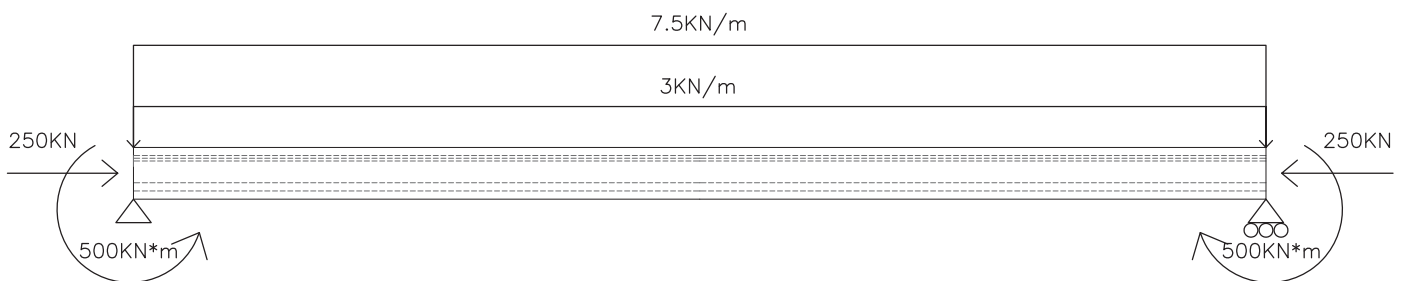


IMAGEN 4.34 Viga con sus respectivas cargas además de las fuerzas de postesado.

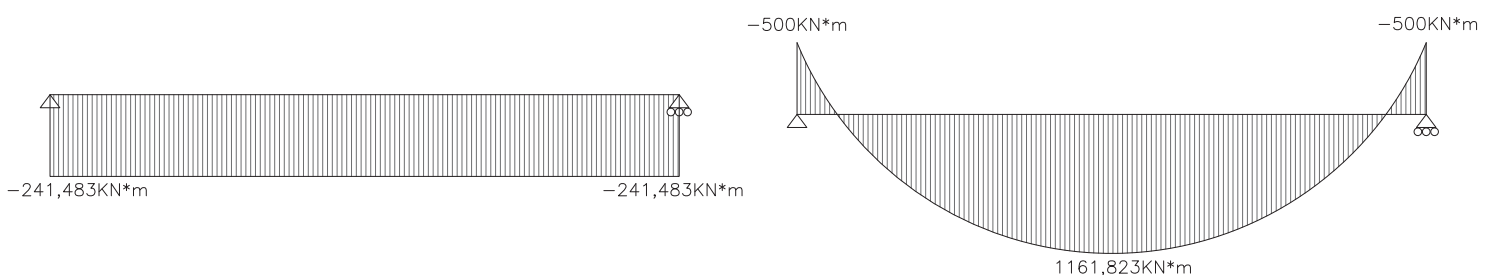


IMAGEN 4.35 Esfuerzos axiales y flectores de la viga postesada.



#### 4.4.4 CERCHAS DE CUBIERTA.

Para modelizar las cerchas de cubierta, se ha escogido la más desfavorable, es decir, la que tenía un ámbito de 0.8m. Al igual que a las viga, se le ha aplicado las cargas permanentes y las variables (peso propio incluidas) :

- Permanentes = 2KN/m<sup>2</sup>
- Uso = 1KN/m<sup>2</sup>
- Nieve = 0.2KN/m<sup>2</sup>

Se modeliza la cercha apoyada-apoyada.

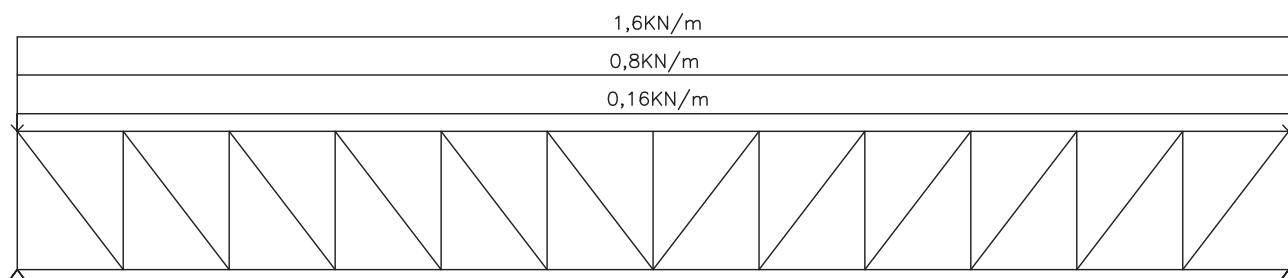


IMAGEN 4.36 Cercha más desfavorable con sus correspondientes cargas.

El modelado de la cercha no ha sido muy difícil ya que se tenían los planos de ejecución así que se ha reproducido de manera más fidedigna, cordón a cordón.

Una vez modelada y con las cargas correspondientes aplicadas, se procede mediante Architrave© a calcularla. Y tras su peritación, como resultado sale que cumplen todos los elementos menos el cordón inferior. El cordón inferior falla a pandeo debido a las cargas de compresión.

Por tanto según las cargas aplicadas y de la manera en que se ha modelizado la cercha, no cumpliría ya que fallaría el cordón inferior, siendo este un PHC 90x90x6.

Sin embargo, realizando la comprobación con un PHC 120x120x6 si cumpliría según el modelo utilizado, es probable que en la realidad se haya ejecutado la cercha con alguna diferencia al modelo utilizado.

Sección		Pórtico de vigas	
Tipo de sección: PHC 90x90x6		Nombre del pórtico: 1.0	
Propiedades		Nº de vigas: 1	
Base:	9,00 cm	Viga actual: 1.0.1	
Altura:	9,00 cm	Longitud viga (m): 21,98	
Área:	18,79 cm <sup>2</sup>	Comprobaciones: <b>Falla</b>	
Ix:	379,92 cm <sup>4</sup>	Guardar Restablecer	
Iy:	212,01 cm <sup>4</sup>	<< Información básica	
Iz:	212,01 cm <sup>4</sup>		

Resistencia		Flecha	
ELU desfavorable:	1	ELS desfavorable:	1
Coefficiente Resistencia:	0,16	Flecha relativa (elástica) (cm):	-0,777
Ten. Von Misses (N/mm <sup>2</sup> ):	42,18	Flecha activa (cm):	0,311
Comprobaciones:	Cumple	Coefficiente Flecha activa:	0,06
Pandeo		Flecha instant. (cm):	0,272
ELU desfavorable:	1	Coefficiente Flecha instantánea:	0,04
β Pandeo plano XY local:	0,52	Flecha casi-perm (cm):	0,583
β Pandeo plano XZ local:	0,53	Coefficiente Flecha casi-permanente:	0,08
Coefficiente Pandeo:	2,40	Tipo de vano: Interior	
Pandeo lateral		Flecha activa/L:	1/ 7,066
ELU desfavorable:		Límite Flecha activa:	1/ 400
β Pandeo lateral:	0,00	Flecha instant./L:	1/ 8,076
Coefficiente Pandeo lateral:	0,00	Límite Flecha instantánea:	1/ 350
Comprobaciones: Cumple		Flecha casi-perm/L:	1/ 3,769
		Límite Flecha casi-permanente:	1/ 300
		Comprobaciones: Cumple	

IMAGEN 4.37 Captura de peritación de Architrave©.

## 5 CONCLUSIONES

En el trabajo realizado se explica el funcionamiento estructural del teatro municipal de Torrevieja y se comprueba su adecuación al proyecto y a las intenciones buscadas por Alejandro Zaera y Antonio Marquerie.

Recordando los objetivos originales, podemos dividir las conclusiones en tres grandes áreas:

- Primero en materias de proyecto, contexto histórico e integración en su entorno.
- Segundo en materias de estructura, solvencia, eficiencia e idoneidad.
- Tercero tras el análisis estructural y la obtención de resultados.

### 5.1 PROYECTO

Es cierto que el teatro tal y como es hoy, no se parece en nada al Nuevo Cinema de entonces, tan sólo en su función, todos los elementos que lo componían no son ni mucho menos los mismos. Pero si se hubiese intervenido con la intención de reproducirlo, se hubiese llevado a cabo un falso histórico ya que el Nuevo Cinema fue derruido declarándose ruina por uno de sus muros principales.

Hay que destacar la sensibilidad de los arquitectos en adecuar un diseño tan atrevido a su entorno, la ciudad de Torrevieja, con la ayuda de la materialidad: el exterior formado por un aplacado de piedra caliza local con tonos cálidos tan característicos de la zona.

Tenemos que tener en cuenta que el proyecto no fue sólo el levantamiento del auditorio, sino también la ordenación y la construcción de la plaza Miguel Hernández. La idea de proyecto de fundir ambas intervenciones, de mezclar el espacio interior del foyer del teatro con la plaza mediante el acceso es otra muestra más de integración.

A mi modo de ver se hacen dos escalas de integración, la primera es la de integrar la plaza Miguel Hernández con la ciudad y la segunda, integrar el volumen construido con la plaza que a su vez está integrada en la ciudad.



IMAGEN 5.1 Fotografía de la plaza Miguel Hernández con el Teatro de fondo.

## 5.2 ESTRUCTURA

En el presente estudio se describen los mecanismos que utilizan los arquitectos para mejorar el comportamiento estructural y conseguir construir el gran voladizo y las grandes luces requeridas por este proyecto. Por ejemplo el aligeramiento de la losa y la introducción del postesado para contrarrestar las deformaciones por peso propio de la estructura.

Hemos visto que se trata de una estructura singular y con elementos estructurales complejos. Como se ha explicado, la estructura está formada básicamente por cinco partes importantes: la losa de la platea, la viga pared, el muro volado, las vigas prefabricadas y las cerchas de cubierta.

Un proyecto de esta calidad solo puede ser concebido cuando la estructura y el proyecto hablan el mismo idioma. El hecho de que la losa de la platea levite gracias al ingenio de los arquitectos en hacer que el proyecto se sostenga desde su envolvente, en parte gracias a las fuerzas de postesado. Esto hace que el interior del teatro quede liberado de soportes verticales innecesarios y el espacio sea mucho más diáfano.

Una solución alternativa que se me ocurre sería ocultar pilares metálicos en el cerramiento de vidrio del exterior para que transmitiesen parte de las cargas de la losa al suelo, pero esto sólo mancharía la idea de proyecto de que la losa levite en el espacio público y la estructura no tendría tampoco mucho interés.

El modelo creado para realizar este trabajo intenta ser lo más fiel posible a la realidad para, posteriormente en su puesta en carga, hacer un estudio de la respuesta y las necesidades estructurales.

## 5.3 ANÁLISIS

Tras la puesta en carga del modelo informático se han obtenido unos resultados que nos dicen que la estructura transmite correctamente las cargas a los distintos elementos, pero que son necesarias las fuerzas de postesado proporcionadas por las armaduras activas ya descritas, ya que las armaduras pasivas no son capaces de limitar la deformada dentro de los máximos exigidos.

Se deja como pendiente el postesado de la losa de la platea, necesario para absorber las diferentes deformaciones, sobre todo en su centro donde son máximas. Con lo que queda abierto a una posible continuación en el futuro.

En definitiva, podemos concluir que el edificio se adecua a sus necesidades, con un diseño que propicia el buen comportamiento estructural. Además, hemos comprobado que la vinculación entre forma, función y estructura es absoluta, mérito de los arquitectos que lo idearon.

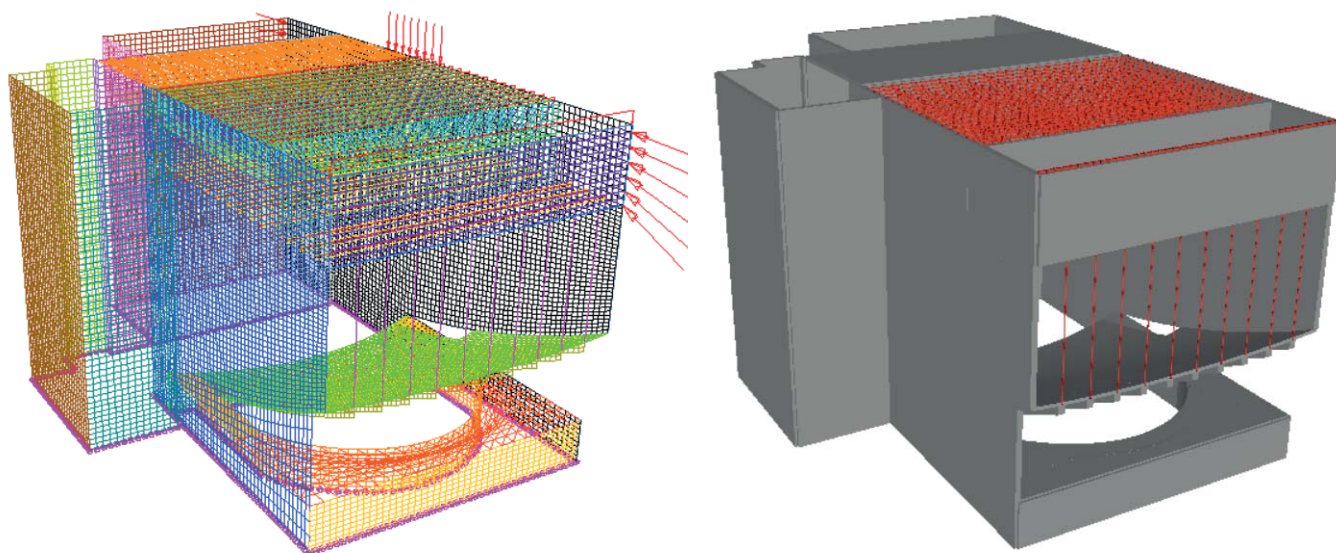


IMAGEN 5.2 Capturas de Architrave© del modelo estructural alámbrico y sólido.

## BIBLIOGRAFIA DOCUMENTAL

### 1-INTRODUCCIÓN

#### 1.2-CONTEXTO HISTORICO

- [1] Web = <http://www.cronistasoficiales.com/?p=10297>
- [2] Web = <http://www.diarioinformacion.com/blogs/indesinenter/el-triste-final-del-nuevo-cinema-de-torrevieja.html>
- [3] Web = [https://elpais.com/diario/2008/08/29/cvalenciana/1220037479\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2008/08/29/cvalenciana/1220037479_850215.html)
- [4] Entrevista = A ciudadana y arquitecta turrovejense Teresa Martínez Follana.

#### 1.2-ARQUITECTOS

##### FOA:

- [5] Web = <https://www.circulobellasartes.com/biografia/alejandro-zaera-polo/>
- [6] Web = <https://www.metalocus.es/es/noticias/azpa-nueva-oficina-de-alejandro-zaera-polo>
- [7] Web = [https://es.wikipedia.org/wiki/Alejandro\\_Zaera](https://es.wikipedia.org/wiki/Alejandro_Zaera)
- [8] Web = <http://www.buenastareas.com/ensayos/Alejandro-Zaera/39045193.html>
- [9] Web = <http://moleskinearquitectonico.blogspot.com.es/2010/10/expo-aichi-2005-pabellones.html>
- [10] Web = <http://www.elmundo.es/elmundo/2005/03/25/sociedad/1111743735.html>
- [11] Web = <http://www.ceramicarchitectures.com/obras/spanish-pavilion-expo-2005/>
- [12] Web = <http://arqa.com/english-es/architecture-es/john-lewis-department-store-and-cineplex-leicester-uk.html>
- [13] Web = <http://moleskinearquitectonico.blogspot.com.es/2007/07/terminal-de-pasajeros-en-yokohama.html>
- [14] Web = <http://azpml.com/#/?author=&location=&q=&tag=&topic=4&year=>
- [15] Web = <http://www.farshidmoussavi.com/>

##### ARQUEM:

- [16] Concesión = C.V. de Antonio Marquerie otorgado por el mismo.
- [17] Web = <https://www.via-arquitectura.net/ara07/106-ara07.htm>
- [18] Web = <http://torresnadal.com/cv/>
- [19] Web = <https://www.via-arquitectura.net/16/16-114.htm>
- [20] Web = <https://www.via-arquitectura.net/17/112-017.htm>

### 2-PROYECTO

- [21] Revista = Arquitectura viva número 104, La lista del MoMA.
- [22] Web = <http://afasiaarchzine.com/2014/03/foreign-office-architects/>
- [23] Web = <http://azpml.com/#/projects/torrevieja/462?author=&location=&q=&tag=&topic=4&year=2006>
- [24] Web = [http://www.farshidmoussavi.com/node/117#torrevieja\\_municipal\\_theatre\\_and\\_auditorium\\_torrevieja\\_spain\\_117\\_203](http://www.farshidmoussavi.com/node/117#torrevieja_municipal_theatre_and_auditorium_torrevieja_spain_117_203)
- [25] Web = <http://www.torrevieja.es/sal/Ayuntamiento/Cultura/Centros/Teatros%20y%20Auditorios/Teatro%20Municipal/Teatro%20Municipal/index.aspx>

### 3-ESTRUCTURA

- [26] Web = <https://generaia.wordpress.com/experiencia-profesional/proyectos-de-estructuras-de-obra-nueva-y-rehabilitacion/teatro-torrevieja/>
- [27] Planos de ejecución = Planos entregados para la elaboración del trabajo, cortesía de Antonio Marquerie.
- [28] Web = <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/vigas-de-celosis>
- [29] Fotografías de obra = Autor: Antonio Marquerie

##### POSTESADO

- [30] Web = [https://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n\\_postesado](https://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n_postesado)
- Web = <http://www.umacon.com/noticia.php/es/El-hormigon-pretensado-postensado-definicion-uso/417>
- [32] Web = <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14659/Postesado%20en%20edificaci%C3%B3n.pdf?sequence=2>

### 4-MODELO

- [33] Normativa = Código Técnico de la edificación, CTE.

## SOFTWARES INFORMÁTICOS EMPLEADOS

1-ARCHITRAVE\_Para el modelado y el cálculo del edificio objeto de análisis.

El programa Architrave es el resultado de los trabajos de investigación desarrollados en la Universitat Politècnica de València por el grupo CiD del Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras y por el grupo GRyCAP del Instituto de Instrumentación para Imagen Molecular.



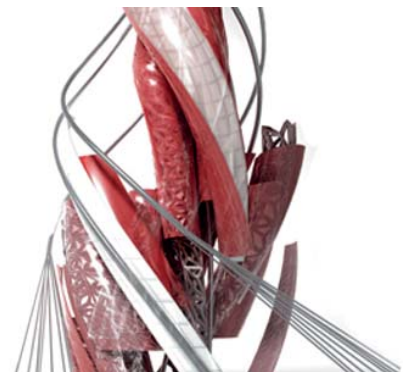
UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

\* <http://www.architrave.es/producto/producto.php>

2-AUTOCAD\_Para el modelado en 3D del edificio objeto de análisis.



AUTODESK® AUTOCAD® 2016



\* <https://www.autodesk.es/products/autocad/overview>

3-INDESIGN\_Para la maquetación del trabajo entero, tanto imágenes como texto.

Adobe® InDesign™

\* [https://www.adobe.com/es/products/indesign.html?sdid=JRSIX&skwid=AL!3085!3!95652685160!b!!-g!!descarga%20indesign&mv=search&s\\_kwid=AL!3085!3!95652685160!b!!!!descarga%20indesign&ef\\_id=WlzBMQAABXZhIZ9R:20170904203725:s](https://www.adobe.com/es/products/indesign.html?sdid=JRSIX&skwid=AL!3085!3!95652685160!b!!-g!!descarga%20indesign&mv=search&s_kwid=AL!3085!3!95652685160!b!!!!descarga%20indesign&ef_id=WlzBMQAABXZhIZ9R:20170904203725:s)

# BIBLIOGRAFÍA FOTOGRÁFICA

## 0-PORTADA

0.1\_ Vista exterior del edificio del teatro municipal de Torrevieja.  
<http://www.torrevieja.com/eng/visiting/theatre-torrevieja.html>

## 1-INTRODUCCIÓN

### 1.2-CONTEXTO HISTÓRICO

1.1\_ Fachada del nuevo cinema al poco tiempo de su construcción.  
<http://www.cronistasoficiales.com/?p=10297>

1.2\_ Cartel del 8 de abril de 1951 de Nuevo Cinema.  
<https://www.todocoleccion.net/cine-folletos-mano/el-burlador-castilla-nuevo-cinema-torrevieja~x35447378>

1.3\_ Emplazamiento del auditorio junto con la plaza Miguel Hernández.  
<http://afasiaarchzine.com/2014/03/foreign-office-architects/>

1.4\_ Comparación del estado antiguo con el estado actual del auditorio.  
<http://www.diarioinformacion.com/blogs/indesinenter/el-triste-final-del-nuevo-cinema-de-torrevieja.html>

### 1.2-ARQUITECTOS

#### FOA:

2.1\_ Alejandro Zaera junto con Farshid Moussavi.  
<https://www.metalocus.es/es/noticias/capilla-ribbon-por-hiroshi-nakamura-y-nap-architects>

2.2\_ Vista del pabellón español en la exposicion internacional de Aichi, Japon 2005.  
<http://www.ceramicarchitectures.com/es/obras/pabellon-espanol-expo-2005/>

2.3\_ Circulación de edificio John Lewis.  
<http://arqa.com/english-es/architecture-es/john-lewis-department-store-and-cineplex-leicester-uk.html>

2.4\_ Vista exterior del edificio John Lewis.  
<http://arqa.com/english-es/architecture-es/john-lewis-department-store-and-cineplex-leicester-uk.html>

2.5\_ Vista exterior del edificio John Lewis.  
<http://arqa.com/english-es/architecture-es/john-lewis-department-store-and-cineplex-leicester-uk.html>

2.6\_ Vista de pájaro de la terminal de pasajeros de Yokohama.  
<http://azpml.com/#/projects/yokohama-port-terminal/1070>

2.7\_ Vista interior de la terminal, chapas de acero plegadas.  
<http://azpml.com/#/projects/yokohama-port-terminal/1070>

#### ARQUEM:

2.8\_ Antonio Marquerie Tamayo.  
<https://www.facebook.com/antonio.marquerietamayo>

2.9\_ Vista exterior del teatro auditorio La Vila Joiosa, el brazo.  
<http://www.villajoyosa.com/sites/teatreauditori/>

2.10\_ Vista exterior del parque de la relajación, Torrevieja.  
<https://www.via-arquitectura.net/17/112-017.htm>

2.11\_ Vista interior del parque de la relajación, Torrevieja.  
<https://www.via-arquitectura.net/17/112-017.htm>

2.12\_ Vista exterior, alzado del CDT, Torrevieja.  
<http://torresnadal.com/1973-2013/centro-de-desarrollo-turistico-cdt-torrevieja/>

2.13\_ Vista interior del complejo del CDT, Torrevieja.

<http://torresnadal.com/1973-2013/centro-de-desarrollo-turistico-cdt-torrevieja/>

## 2-PROYECTO

2.1\_ Interior del auditorio, techo acondicionado acústicamente y gradas.

<http://okendo.com/galeriafotos>

2.2\_ Exterior del auditorio, vista desde la plaza Miguel Hernández.

<http://azpml.com/#/projects/torrevieja/462?author=&location=&q=&tag=&topic=4&year=2006>

2.3\_ Exterior del auditorio, vista de su perfil. Muro (P3).

<http://travelwithfrankgehry.blogspot.com.es/2010/04/>

2.4\_ Planta a nivel de suelo, Escala 1:250

Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

2.5\_ Fotografía del interior del foyer.

<http://www.torrevieja.es/sal/Ayuntamiento/Cultura/Centros/Teatros%20y%20Auditorios/Teatro%20Municipal/Teatro%20Municipal/index.aspx>

2.6\_ Fotografía del interior del foyer.

<http://www.torrevieja.es/sal/Ayuntamiento/Cultura/Centros/Teatros%20y%20Auditorios/Teatro%20Municipal/Teatro%20Municipal/index.aspx>

2.7\_ Planta del techo del auditorio acondicionado acústicamente. Escala 1:250

Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

2.8\_ Planta del forjado de la sala de ensayos. Escala 1:250

Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

## 3-ESTRUCTURA

3.1\_ Imágen virtual del proyecto.

<https://generaia.wordpress.com/experiencia-profesional/proyectos-de-estructuras-de-obra-nueva-y-rehabilitacion/teatro-torrevieja/>

3.2\_ Esquema de funcionamiento de la estructura.

<https://generaia.wordpress.com/experiencia-profesional/proyectos-de-estructuras-de-obra-nueva-y-rehabilitacion/teatro-torrevieja/>

3.3\_ Sección 1, Alzado del muro P1, E:250

Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.4\_ Sección 2, Alzado del muro volado P3, E:250

Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.5\_ Planta esquemática de la losa de la platea 1:200

Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.6\_ Detalle de la sección tipo de la losa 1:40

Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.7\_ Fotografía de obra de la losa de la platea.

<https://generaia.wordpress.com/experiencia-profesional/proyectos-de-estructuras-de-obra-nueva-y-rehabilitacion/teatro-torrevieja/>

3.8\_ Alzado de la viga pared, trazado del armado y los tirantes. Escala 1:100

Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.9\_ Alzado y sección tanto de la viga pared como de la losa de la platea. Nervios y cable de postesado. Escala 1:200  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.10\_ Sección 2, Alzado del muro volado P3 donde se muestran los cables de postesado y su trazado a lo largo del muro. Escala 1:250  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.11\_ Detalle del arranque de los cables de postesado. Escala 1:40  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.12\_ Fotografía de obra del armado del muro, arranque.  
Fotografía de obra, cortesía de Antonio Marquerie.

3.13\_ Alzado de vigueta tipo prefabricada postesada. Escala 1:100  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.14\_ Secciones indicadas en el alzado superior. Escala 1:40  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.15\_ Detalle en sección del apoyo de la viga. Escala 1:40  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.16\_ Detalle en sección del armado de la viga. Escala 1:40  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.17\_ Fotografía de la obra, colocación de las vigas sobre la ménsula creada en los muros P1 y P3.  
<https://generaia.wordpress.com/experiencia-profesional/proyectos-de-estructuras-de-obra-nueva-y-rehabilitacion/teatro-torrevieja/>

3.18\_ Esquema de aplicación de cargas en una cercha  
Elaboración propia con Autocad.

3.19\_ Dimensionamiento de la cercha tipo de la cubierta de la sala de ensayos. Escala 1:100  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.20\_ Detalle del apoyo de la cercha. Escala 1:40  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.21\_ Esquema de situación de las cerchas  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.22\_ Planta situación de las cerchas. Escala 1:250  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.23\_ Esquema de axiles provocados por una compresión añadida, postesado.  
Elaboración propia con Autocad a partir de un archivo .dwg, cortesía de Antonio Marquerie.

3.24\_ Cables, postesado.  
<http://vivirhogar.republica.com/general/elementos-del-hormigon-pretensado.html>

3.25\_ Vainas, postesado.  
<http://www.umacon.com/noticia.php/es/El-hormigon-pretensado-postensado-definicion-uso/417>

3.26\_ Gato hidráulico, postesado.  
<http://precomprimidos.com.co/Servicios/Postensado>

3.27\_ Esquema del postesado, cambiando su centro de gravedad a lo largo de la longitud de la viga.  
Elaboración propia con Autocad.

3.28\_ Esquema de los momentos resultantes tras el postesado, M1 es el original y M2 el postesado, M1-M2, el final en centro de vano.  
Elaboración propia con Autocad.

3.29\_ Fotografía de la construcción de un puente mediante el postesado.  
<http://www.ar2v.com/projects/nunc-non-risus-molestie-facilisis-mi-eu-porttitor-nisi/>



## 4-MODELO

### 4.1\_ Logo Autocad

<https://go.web.ve/producto/autocad-2016-ingles-windowsmac/>

### 4.2\_ Logo Architrave

<http://www.architrave.es/>

### 4.3\_ Sobrecargas de uso sacadas del Código Técnico de la edificación.

CTE-DBSE Acciones en la edificación

### 4.4\_ Sobrecargas de nieve sacadas del Código Técnico de la edificación.

CTE-DBSE Acciones en la edificación

### 4.5\_ Mapa de zonificación eólica sacado del Código Técnico de la edificación.

CTE-DBSE Acciones en la edificación

### 4.6\_ Modo de elaboración de las combinaciones, CTE.

CTE-DBSE Acciones en la edificación

### 4.7\_ Coeficientes parciales de seguridad ELU.

CTE-DBSE Acciones en la edificación

### 4.8\_ Coeficientes de simultaneidad ELU y ELS.

CTE-DBSE Acciones en la edificación

### 4.9\_ Captura Architrave© Combinación 1 ELU.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.10\_ Representación volumétrica del modelado de la losa de la platea, alambre y sólido.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.11\_ Representación volumétrica del modelado de la losa y el murete R2, alambre y sólido.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.12\_ Representación volumétrica del modelado de la losa, el murete R2 y los muros P1 y P3, alambre y sólido.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.13\_ Representación volumétrica del modelado del edificio completo, alambre y sólido.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.14\_ Representación volumétrica de la deformada completa del edificio.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.15\_ Tensiones $S_x$ de la capa superficial de la losa de la platea.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.16\_ Tensiones $S_y$ de la capa superficial de la losa de la platea.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.17\_ Ejes para visualizar las tensiones.

Elaboración propia

### 4.18\_ Desplazamientos $D_z$ de la capa superficial de la losa de la platea.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.19\_ Tensiones $S_x$ del nervio más desfavorable.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

### 4.20\_ Tensiones $S_y$ del nervio más desfavorable.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.21\_ Desplazamientos del nervio más desfavorable.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.22\_ Leyendas de tensiones  $S_x$  y  $S_x$ , además de los desplazamientos  $D_y$  y  $D_z$ , en ese orden. Muro sin postesar.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.23\_ Tensiones  $S_x$  del muro P3. Sin postesar

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.24\_ Tensiones  $S_y$  del muro P3. Sin postesar.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.25\_ Desplazamientos  $D_y$  del muro P3. Sin postesar.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.26\_ Desplazamientos  $D_z$  del muro P3. Sin postesar.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.27\_ Leyendas de tensiones  $S_x$  y  $S_x$ , además de los desplazamientos  $D_y$  y  $D_z$ , en ese orden. Muro postesado.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.28\_ Esquema del postesado realizado.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.29\_ Tensiones  $S_x$  del muro P3. Postesado.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.30\_ Desplazamientos  $D_y$  del muro P3. Postesado.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.31\_ Desplazamientos  $D_z$  del muro P3. Postesado.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.32\_ Viga más desfavorable con sus respectivas cargas tanto permanentes como de uso. Sin postesar.

Elaboración propia mediante el programa informático Autocad©

4.33\_ Esfuerzos cortantes y flectores de la viga. Sin postesar.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.34\_ Viga con sus respectivas cargas además de las fuerzas de postesado.

Elaboración propia mediante el programa informático Autocad©

4.35\_ Esfuerzos axiales y flectores de la viga postesada.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

4.36\_ Cercha más desfavorable con sus correspondientes cargas.

Elaboración propia mediante el programa informático Autocad©

4.37\_ Captura de peritación de Architrave©.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

## 5-CONCLUSIONES

5.1\_ Fotografía de la plaza Miguel Hernández con el Teatro de fondo.

<http://okendo.com/galeriafotos>

5.2\_ Capturas de Architrave© del modelo estructural alámbrico y sólido.

Elaboración propia con el programa informático Architrave©

