



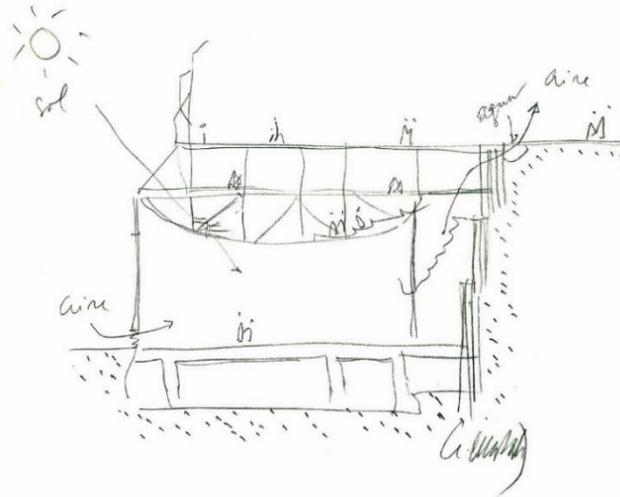
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

APROXIMACIÓN ARQUITECTÓNICA Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL

G I M N A S I O MARAVILLAS



Alumna | Ana Bosch Vila

Tutores | Ernesto Jesús Fenollosa Forner

Luis María de Mazarredo Aznar

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores, Ernesto y Luís, por haber estado desde el primer momento a mi lado corrigiéndome y aconsejándome.

A Miriam por sus divertidas y cariñosas enseñanzas sobre el mundo de las estructuras.

A mis amigas y amigos, no solo por su ayuda con este trabajo, si no por el apoyo y las fuerzas que me han dado durante todos estos años.

A mis amigas y compañeros de la escuela por haber compartido conmigo este camino.

A Guille por estar ahí.

A Bea por ser mi pilar.

A mi abuela por enseñarme a confiar en mí y a mis padres, por procurar que no se me olvide.

0.0	ÍNDICE	
1.0	RESUMEN	5
2.0	OBJETIVOS	8
3.0	EL ARQUITECTO	10
3.1	SOBRE ALEJANDRO DE LA SOTA	10
3.2	TRAYECTORIA PROFESIONAL	16
4.0	LA OBRA	24
4.1	EL PROYECTO	24
4.2	EL ENTORNO	27
4.3	FUNCIÓN Y GEOMETRÍA	31
4.4	CONSTRUCCIÓN MATERIALIDAD Y ESTRUCTURA	37
4.5	IMÁGENES DETALLES Y PROCESO CONSTRUCTIVO	42
5.0	EL MODELO	47
5.1	DESCRIPCIÓN Y SIMPLIFICACIÓN	47
5.2	MODELIZACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	48
5.2.1	Vigas, viguetas y pilares	48
5.2.2	Cerchas	51
5.2.3	Lucernario	53
5.2.4	Forjados	53
5.2.5	Muros	53
5.2.6	Modelo Final	55

5.3 ASIGNACIÓN Y EVALUACIÓN DE CARGAS	57
5.3.1 Cargas Permanentes	57
5.3.2 Cargas Variables	58
5.4 COMBINACIÓN DE CARGAS	61
5.4.1 Hipótesis de carga	61
5.4.2 Combinaciones	62
6.0 ANÁLISIS Y RESULTADOS	65
6.1 COMBINACIONES UTILIZADAS	65
6.2 ANÁLISIS DE RESISTENCIA: ELU 01	67
6.2.1 Forjados plantas: vigas	67
6.2.2 Forjados plantas: elementos finitos y viguetas	71
6.2.3 Pilares plantas	74
6.2.4 Cerchas	78
6.3 ANÁLISIS DEFORMACIONES: ELS 01	82
7.0 CONCLUSIONES	84
8.0 BIBLIOGRAFÍA	92
8.1 BIBLIOGRAFÍA DOCUMENTAL	92
8.1.1 Libros	92
8.1.2 Páginas Web	93
8.1.3 Otros	95
8.2 REFERENCIAS FOTOGRÁFICAS	96

1.0 | RESUMEN

Arquitecto concienciado con la puesta en valor de lo popular además de precursor y defensor de las nuevas tecnologías, Alejandro De la Sota convirtió el Gimnasio Maravillas de Madrid en una de las obras más espectaculares de su trayectoria profesional.

La estructura se convirtió en la razón de ser de este proyecto, pues todas las decisiones que se tomaron acerca de ella fueron diseñando y distribuyendo el programa. La forma nace de la estructura, que da soluciones a las necesidades funcionales y se adecúa al entorno.

En esta estructura mixta, de hormigón en el sótano y metálica sobre rasante, destacan unas grandes cerchas que cubren las luces del pabellón y sujetan una subestructura de celosías sobre la que se apoya la cubierta. Entre ellas, y alrededor de este bloque de cerchas y sus pilares, se articula el programa distribuido en 3 plantas formadas por entrevigado metálico y paneles Viroterm. La modelización y posterior análisis de estos elementos estructurales metálicos nos acercará a entender el funcionamiento del conjunto del edificio, admitiendo y comprendiendo la solución tomada por Alejandro De la Sota.

PALABRAS CLAVE

ESTRUCTURA · CERCHAS · ARQUITECTO · ACERO · DE LA SOTA

1.0 | RESUM

Arquitecte conscienciat amb la posada en valor de lo popular a més de precursor i defensor de les noves tecnologies, Alejandro De la Sota va convertir el Gimnàs Meravelles de Madrid en una de les obres més espectaculars de la seua trajectòria professional.

L'estructura es va convertir en la raó de ser d'este projecte, perquè totes les decisions que es van prendre sobre ella van dissenyar i distribuir el programa. La forma naix de l'estructura, que dóna solucions a les necessitats funcionals i s'adequa a l'entorn.

En aquesta estructura mixta, de formigó en el sòtan i metàl·lica sobre rasant, destaquen unes grans cintres que cobrixen les llums del pavelló i subjecten una subestructura de zelosies sobre la qual es recolza la coberta. Entre elles, i al voltant d'aquest bloc de cintres i els seus pilars, s'articula el programa distribuït en 3 plantes formades per entrevigado metàl·lic i panells Viroterm. La modelització i posterior anàlisi d'estos elements estructurals ens acostarà a entendre el funcionament del conjunt de l'edifici, admetent i comprenent la solució presa per Alejandro De la Sota.

PALABRES CLAU

ESTRUCTURA · CINTRES · ARQUITECTE · ACERO · DE LA SOTA

1.0 | ABSTRACT

Alejandro De la Sota, an aware architect of the vernacular architecture, who was a defender of the new technologies too, made the Gimnasio Maravillas of Madrid in one of the more spectacular works of his career.

The gym structure was the base of this project, because all the decisions made about it arranged and designed the program. The shape was born because of the structure, that respond to the functional needs and the environment.

In a mixed structure, compound of a concrete basement and a steel structure over it, some big steel-edged lattices stand out. These support a substructure of little steel-edged lattices, which support the roof too. Around the big ones, the program is arranged in 3 floors made with steel beams and Viroterm boards.

The structure model and the later analysis of its steel elements permits us to understand how it works and make conclusions accepting the great solution taken by Alejandro De la Sota.

KEY WORDS

STRUCTURE · EDGED LATTICES · ARCHITECT · STEEL · DE LA SOTA

2.0 | OBJETIVOS

Construir un gimnasio con aulas y salas de conferencias que permitiese ampliar el patio de recreo de niños era el objetivo principal del proyecto del Gimnasio Maravillas. Esto debía conseguirse teniendo en cuenta factores como el desnivel del solar, la zona urbana o una orientación favorable que permitía aprovechar al máximo la luz natural.

En el Gimnasio Maravillas la estructura da solución a todo ello. Esta no se añade al proyecto diseñado para sustentarlo, si no que estructura y proyecto van de la mano, pues son las necesidades funcionales las que obligan al arquitecto a estas soluciones estructurales y es la estructura la encargada de diseñar los espacios.

Con estas situaciones, el edificio no podía ser de otra manera:

“El gimnasio Maravillas tiene ya 22 años. No sé porque lo hice así, pero lo que sí sé, es que no me disgusta haberlo hecho.

Entonces se resolvió un problema y sigue funcionando y me parece que nadie echa en falta la Arquitectura que no tiene. “

Por ello, el objetivo de este trabajo será averiguar el funcionamiento de esta estructura y comprender la razón por la que se escogió esta opción.

Para ello, primero intentaremos acercarnos a la manera de pensar y de proyectar del arquitecto, realizando una breve investigación sobre su vida y trayectoria profesional y estableciendo las características principales de su obra, influyentes también en la solución del proyecto.

En el siguiente capítulo describiremos el edificio atendiendo a su entorno, su función, su materialidad y en especial a su estructura, para conocer las condiciones exigidas por el programa, el entorno y demás factores que condicionaron su diseño.

Realizaremos una investigación más profunda de la estructura, averiguando cuales son los materiales utilizados y las cargas que actúan sobre ella para, con la ayuda del programa informático Architrave, modelizarla y analizar su funcionamiento. Por último, comentaremos los resultados obtenidos en el programa, sacando conclusiones sobre la investigación elaborada.

3.0 | EL ARQUITECTO

3.1 | SOBRE ALEJANDRO DE LA SOTA

Nacido en 1913 en Pontevedra (Galicia), Alejandro De la Sota reside hasta finalizar sus estudios de bachillerato en su ciudad natal trasladándose posteriormente a Santiago de Compostela. Aquí ingresará en la Facultad de Matemáticas, pues por aquel entonces era uno de los requisitos para poder acceder a la escuela de Arquitectura.

Dos años después ingresa en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid donde, pese a tener que interrumpir sus estudios debido a la guerra civil española, De la Sota termina su formación obteniendo en 1941 su título de arquitectura.

Alejandro De la Sota se incluye por tanto en el grupo de arquitectos denominado como la Generación del 40, arquitectos titulados en posguerra entre los que podemos destacar nombres como Fisac, Coderech, u Oiza, marcados todos, aunque con una posterior evolución, por la decadencia cultural de esta época.



Imagen | 3.1 – Alejandro De la Sota

La guerra civil española trajo grandes consecuencias influyentes en la arquitectura. La exclusión del país de la ONU, el exilio de políticos e intelectuales y la ruina y destrucción de pueblos y ciudades fueron algunas de ellas.

Este desligamiento europeo unido a la necesidad urgente de actuación, conllevaron a una manera de construir sin reflexión ni conocimiento crítico, potenciado por el exilio de muchos arquitectos que pudieron haber ejercido una buena influencia en esta generación emergente, prácticamente privada de libertad de expresión.

Así, la arquitectura del inicio de la época de posguerra comienza siendo una recopilación de trabajos que bien podríamos haber encontrado en la Antigua Grecia o Roma, contruidos con la intención de exaltar el poder y figura del dictador al igual que en las antiguas civilizaciones, dando como resultado obras y copias de carácter clásico y ecléctico (Imágenes 3.2 y 3.3).

Pero bien debido a las similitudes evidentemente comparables bien por la inquietud juvenil, si por algo más se caracteriza la generación del 40 es por una evolución, si no necesaria inevitable, de los arquitectos que poco a poco se vieron liberados y arrastrados por el progreso también del país.

A mediados de los 50, este grupo de arquitectos comienza a romper los moldes siguiendo su propia poética y así, pese a que las limitaciones culturales conllevaron a una generación similar en sus principios, cada uno de sus componentes terminó definiéndose según sus cualidades (Imágenes 3.4 y 3.5)

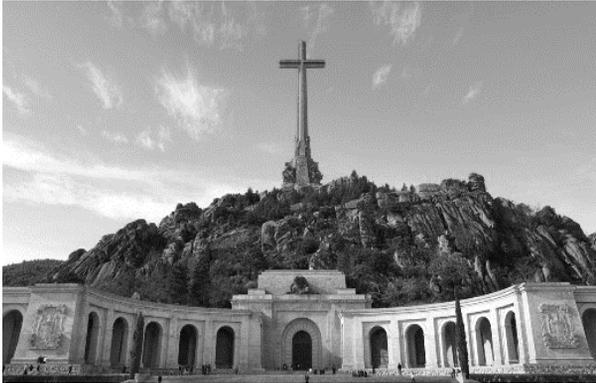


Imagen | 3. 2 – Valle de los caídos, Madrid 1940-1958



Imagen | 3. 3 – Arco de la Victoria, Madrid 1950



Imagen | 3. 4 – Vegaviana, Cáceres. 1956



Imagen | 3. 5 - Iglesia del Teologado de San Pedro Mártir, 1955-60

Sus raíces gallegas y viajes por pueblos españoles hicieron valorar a Alejandro De la Sota la importancia del paisaje, el lugar y las tradiciones populares, reflejado en sus obras por la puesta en valor de la arquitectura vernácula.

El respeto hacia la arquitectura popular acerca su obra al anonimato, a una vuelta a la “arquitectura sin arquitectos”, de conocimiento y adaptación al paisaje (rural o urbano), al clima y a las necesidades de sus usuarios.

También las corrientes de preguerra tuvieron su influencia en el arquitecto. Como las ideas del grupo de la GATEPAC, formado por jóvenes arquitectos activos e interesados por las corrientes europeas de los años 30 que abogaban por una arquitectura racionalista.

De la Sota pone en valor lo popular introduciendo a su vez las nuevas tecnologías de la época, pues no defiende una recuperación hacia técnicas constructivas tradicionales, si no una adaptación a la nueva situación mediante un proceso de “asimilación de lo conocido y creación de lo desconocido” (Couceiro, 2015, p.38).

Con esta mirada a lo vernáculo busca encontrar valores puros, y su admiración por el avance tecnológico favorece el carácter progresivo de su obra.

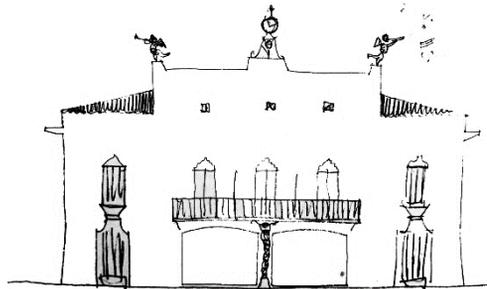


Imagen | 3. 6 - boceto de Alejandro de la sota de la casa consistorial del Laboratorios Misión Biológica en Salcedo

En uno de sus escritos, Alejandro de La Sota habla de “arquitectura lógica” como la verdadera arquitectura, la que responde a una necesidad. Ni forma ni función condicionan las decisiones tomadas por el arquitecto.

Compra un cuaderno. En las páginas pares anotas todo lo que vas encontrando en el medio en que te desenvuelves, en los ambientes que visitas, aquello que te resulta grato. En las impares lo que verdaderamente te moleste. Naturalmente seguidas unas y otras anotaciones de un análisis del porqué. En el primer problema que tengas que resolver usas las notas del cuaderno y el resultado puede ser provechoso. (De la Sota, 1989, p.17)

“Arquitecto de soluciones sencillas y razonables” (De la Sota, 1989, p.17) cuya obra queda definida por valorar la arquitectura popular con la incorporación de vanguardias nacionales y europeas y con la integración de las nuevas tecnologías. Alejandro De la Sota consigue que su obra pertenezca a un lugar, a unas personas, nacida como respuesta a problemas planteados y convirtiéndose en una obra de contexto a la vez que atemporal, pues incluso hoy en día todavía nos enseña y sorprende.

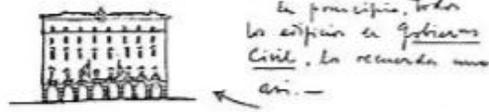
3.2 | TRAYECTORIA PROFESIONAL

La recopilación de su obra es, como él dice, “una muestra de respuestas a tantas situaciones que a lo largo de tantos años de profesión se me han planteado” (De la Sota, 1989, p.17).

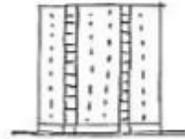
La revalorización por la tradición dota a su obra de carácter anónimo, lo que ha de entenderse como una renuncia a cualquier intención de crítica y no como una falta de estilo, pues la combinación con los nuevos materiales y tecnologías hace que sea de un nivel estético mucho más que casual.

Alejandro De la Sota tuvo además una formación musical que también le influyó en su manera de proyectar: percibe el espacio de manera armoniosa, tiende a ajustarse a un orden y es aficionado a la búsqueda de variaciones. Por ello, el orden que admite el cambio y lo inesperado, la luz como elemento plástico, cambiante y diferente o la percepción del espacio que radica en el movimiento conseguido con cambios de escala, son muchas de las características que encontramos en su obra y que para comprender dividiremos en tres distinguidas etapas, nombrando en cada una de ellas un proyecto como claro ejemplo de su evolución:

Gobierno Civil - Proceso para en estudiar en el caso concreto de Tarragona.



Y un bloque para viviendas así →



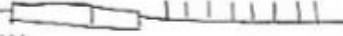
VIVIENDAS IMPORTANTES



GOBIERNO



VIVIENDAS SECUNDARIAS



... y el edificio puede ser compuesto así ya que, aquí la cuestión, todo al "Gobierno Civil", entra en una sola planta. Mantener los volúmenes no resulta →

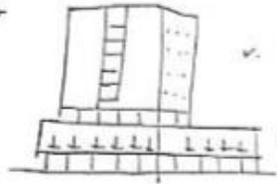


Imagen | 3.7 - Desarrollo edificio Gobierno Civil de Tarragona

1 | Primera etapa

Primeros años de posguerra, el país es pobre en economía y materiales y De la Sota es afín al Instituto Nacional de Colonización. Sus primeros trabajos son similares a los de otros arquitectos de la misma época, pero con atisbos de su futuro estilo, pues De la Sota comienza a acercarse a lo popular para huir de la arquitectura del momento.

Destacamos los laboratorios para la Misión Biológica en Salcedo (Pontevedra, 1947) donde, aunque no existe todavía una importante introducción de nuevas tecnologías debido al contexto, si se observa una separación de lo monumental y clásico al apostar por una arquitectura sencilla y fundada en la gallega tradicional.

De esta reflexión nace la idea de De la Sota de utilizar muros de granito de diferentes tamaños, como si fuesen colocados de manera aleatoria. Su sencillez, su dinamismo y la sensibilidad se observan en los huecos de diferentes tamaños y tratamientos, la eliminación de las superficies planas y rectas en los muros o la colocación de una escalera curva que introduce luz al pasillo.



Imagen | 3. 8 – Muros de granito Laboratorios Misión Biológica



Imagen | 3. 9 – Escalera y ventanales Laboratorios Misión Biológica

2 | Segunda etapa

De la Sota se silencia: “me entró una desconfianza tremenda, ya que por ese camino no iba a ningún lado” (Rodríguez, 1994, p.34) hasta que llega a sus manos un libro con las obras de Gropius y Breuer que de alguna manera le hace ver la luz: “Breuer y Gropius publicaban en su libro el modo de suprimir los rayos del Sol incidente [...]. Parecía una simpleza, pero a mí me sirvió [...] fue motivo de alegría: una liberación.” (Rodríguez, 1994, p.54)

En el 51 nacen las Sesiones de Crítica de Arquitectura en las que un activo De la Sota comenzará a participar, además de escribir, presentarse a concursos o pasar a formar parte de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

De la Sota parece renovado y sus obras así lo reflejan. Como la Residencia infantil de Miraflores de la Sierra en Madrid (1957), que realizó en colaboración con A. Corrales y R.V. Molezún. Volvemos a encontrar raíces tradicionales en los muros de mampostería y la adaptación de la residencia al terreno, pero ahora este carácter se combina con las nuevas técnicas y la industrialización al introducir una cubierta ligera de madera sujeta sobre estructura de acero y envolvente de vidrio, todo ello prefabricado en taller.

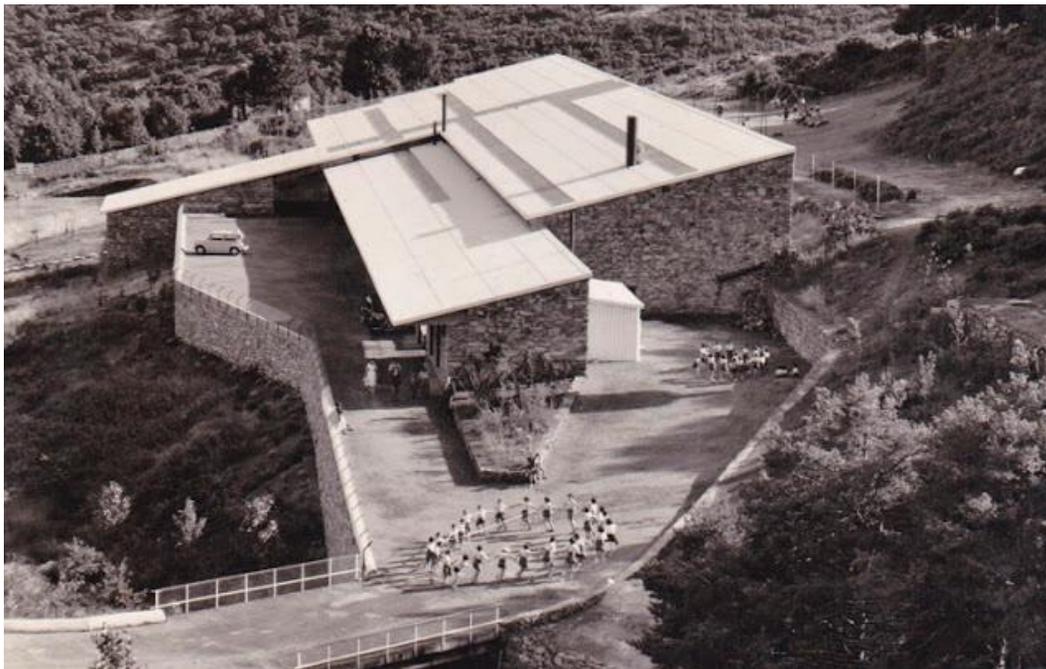


Imagen | 3. 10 – Residencia Miraflores, Madrid



Imagen | 3. 11 – Interior y vistas cubierta residencia Miraflores Madrid

3 | Tercera etapa

Durante doce años, De la Sota ejerce como docente en la ETSA de Madrid hasta que sufre un arresto voluntario, encerrándose en su estudio y pasando de una incesante actividad a un abandono de sus trabajos, escritos y reuniones que le llevarán a una última etapa de madurez.

En este último resurgimiento, las obras de De la Sota destacarán por seguir una cohesión y una apuesta por la racionalidad contrarias a las válidas arquitecturas de finales del siglo XX en las que se acepta el “todo vale” anulando las nuevas creaciones.

En sus Aulas y Seminarios para la Universidad de Sevilla (1972), De la Sota vuelve a recoger lo que son ya las bases de su manera de proyectar y realiza un análisis del entorno que pueda reconducirle a la solución del proyecto. Busca la materialización de ideas con formas, estructuras y materiales simples, sin elementos añadidos. El patio interior, los toldos o el ladrillo mudéjar son algunos de los rasgos que recuerdan a la tradicional Sevilla, aunque estos se encuentran reinterpretados mediante la tecnología y los materiales nuevos, pues no se pretende que nada recuerde a la tradición de manera evidente.



Imagen | 3. 12 – Vista interior Universidad de Sevilla

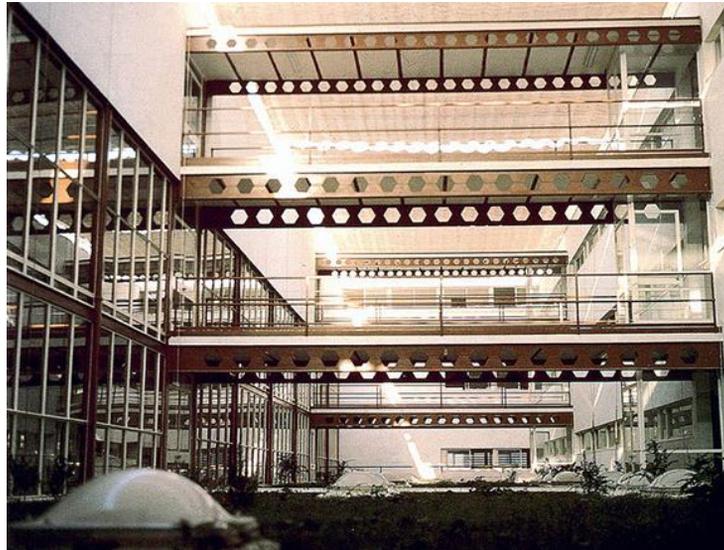


Imagen | 3. 13 – Patio interior Universidad de Sevilla

4.0 | LA OBRA

4.1 | EL PROYECTO

A comienzos de los 60 se propone ampliar el colegio Nuestra Señora de las Maravillas de Madrid, propiedad de los Hermanos de la Salle. La idea debía albergar la construcción de un gimnasio con un programa bastante ambicioso: campo de entrenamiento para hockey, cancha de juegos, cuartos de profesores, salas de conferencias, aularios, etc., además de incluir la ampliación del patio de recreo para los niños del colegio.

El proyecto fue encargado al arquitecto Alejandro De la Sota, que durante esta época se encontraba en plena actividad profesional. Su arquitectura se salía de las limitaciones de la posguerra apostando por una “arquitectura lógica” que surgía a partir de un planteamiento racional del programa.

Este edificio del año 62 nació a su aire. Preocupados con los problemas urbanos, aprovechamiento del mal solar, económicos, no dio margen para preocuparse por una arquitectura determinada; por eso carece de cualquiera de ellas. Tal vez sea otra; tal vez. Explicarlo llevaría a la polémica de: Arquitectura sí, Arquitectura no. (De la Sota, 1989, p.74)

La forma del Gimnasio es un conjunto de resultados y soluciones a las necesidades planteadas:

La cancha cubierta necesita ser un espacio diáfano y grande para albergar los diferentes deportes, por lo que es necesario recurrir a una estructura de grandes luces como las cerchas. Pero la necesidad de ampliación del patio de juegos que se ubica en la cubierta obliga a “dar la vuelta” a las cerchas, lo que a su vez permitirá un mayor aprovechamiento del espacio al colocar entre ellas parte del programa.

Que el patio de recreo se encuentre a 12 metros de altura con respecto a la calzada obliga a colocar unas rejas al final del cerramiento que, aunque ha habido arquitectos que las han descrito de manera abstracta como una liviandad de la fachada, su razón de ser es que los balones y los niños del patio de juegos no caigan a la calle.

Su amor por la tradición y la arquitectura popular se hace patente en cómo se adecúa al entorno adyacente ajustándose al desnivel topográfico, a la orientación y a más circunstancias. Los materiales demuestran su actitud de aceptación por la tecnología y los nuevos avances, pues De la Sota utiliza elementos modernos y prefabricados que se mezclan y colocan dependiendo del resultado funcional y espacial que pretenda conseguir.



Imagen | 4. 1 – Exterior Gimnasio Maravillas

4.2 | EL ENTORNO

El colegio Maravillas se encuentra en Madrid (España), en el distrito norte de Chamartín. Fue uno de los primeros proyectos del artista en un entorno urbano y entre medianeras, lo que supuso un desafío para él.

Se sitúa entre las calles Joaquín Costa y Guadalquivir, cuya diferencia de cota de hasta 12 metros (en subida desde la primera a la segunda) se convirtió en el reto inicial a resolver por el arquitecto en la construcción del gimnasio, provocando que la solución se viese fuertemente condicionada por esta diferencia de altura.

El acceso al colegio estaba situado en la calle Guadalquivir, encontrándose el patio de juegos de niños a cota 0 con respecto a ella. Se tomó la decisión de colocar el acceso del gimnasio por la otra calle, la de Joaquín Costa, aprovechando los 12 metros de diferencia para albergar el programa del edificio y quedando así su cubierta útil para la ampliación del patio de recreo.

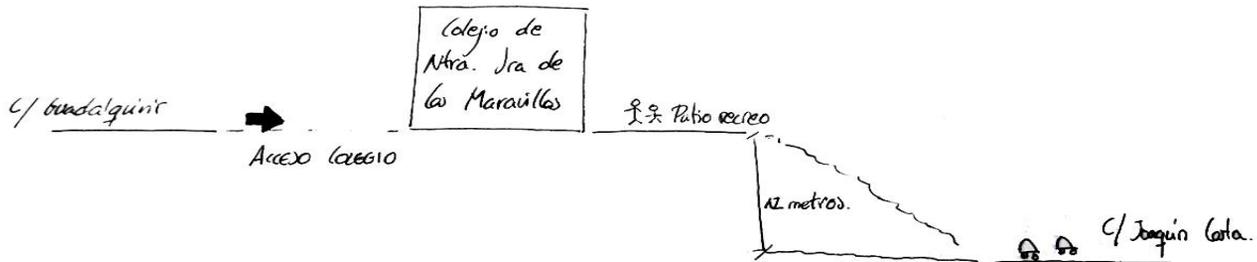


Imagen | 4. 2

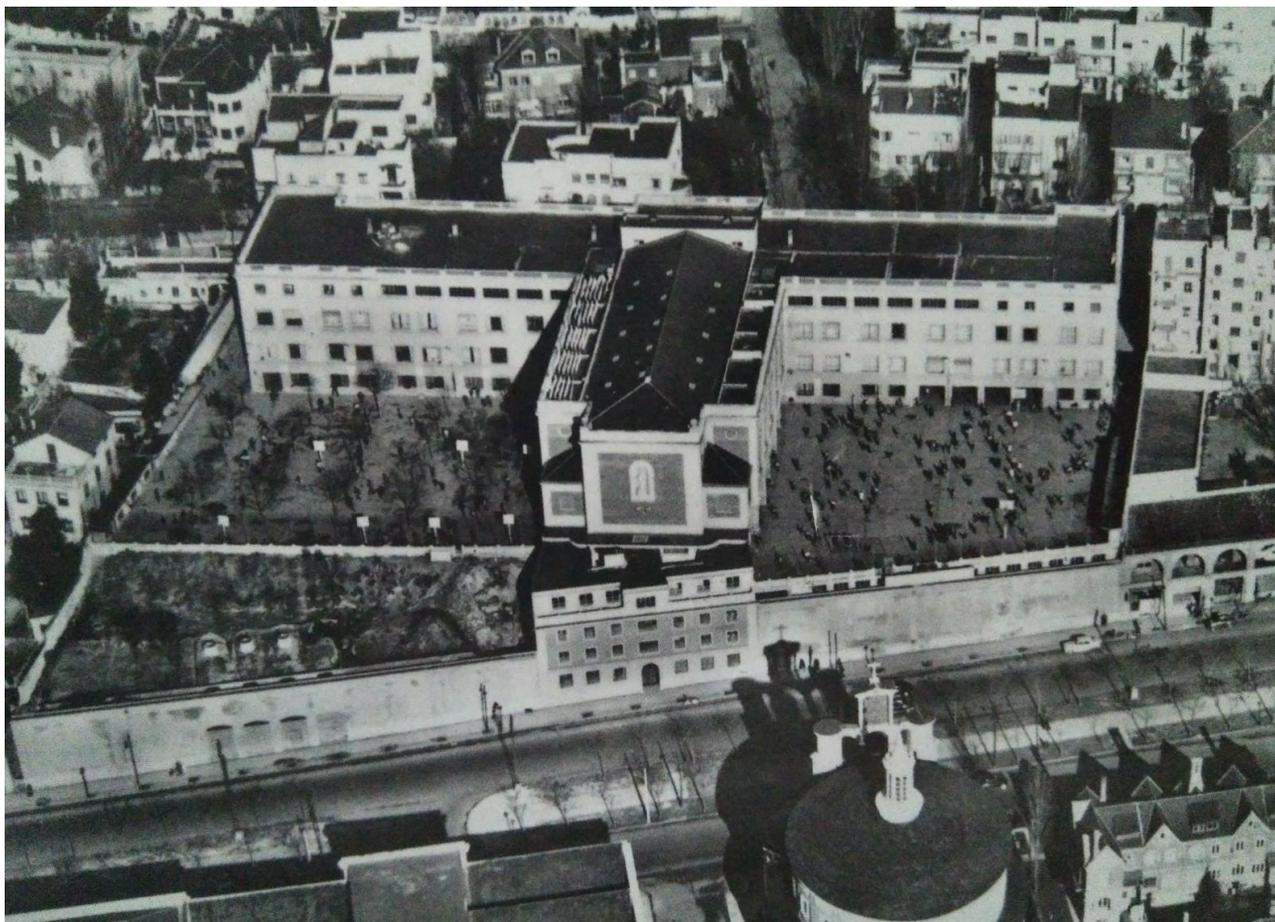


Imagen | 4. 3 – Solar del colegio Nuestra Señora de las Maravillas, Madrid

El solar se encontraba orientado de manera que el acceso de la calle Joaquín Costa quedaba a Sur, por lo que la fachada del gimnasio estaba orientada completamente a mediodía.

De la Sota aprovecha esta orientación para dotar al gimnasio de la máxima luz natural posible, aprovechando que las mejores horas de luz natural eran las mismas en las que iba a ser utilizado por los niños. Pero a la vez también debe dar privacidad y separarlo de la calle, por lo que decidió que el cerramiento fuese una combinación de muros de ladrillo y vidrio a en la parte superior que permitía la entrada de luz (Imagen 4.4).

La fachada de muro y vidrio parece que va desvaneciéndose debido a esta transición de opacidad entre materiales. Esto se potencia al finalizar con una valla que también forma parte del mismo cerramiento, pero que no deja de ser una solución más debida al entorno, pues protege de las caídas de los niños a la calle peligrosa por la diferencia de altura.

Esta relación con el lugar es característica principal de la arquitectura popular que De la Sota tanto admira, y podemos ver cómo incluso los ventanales de la fachada siguen un ritmo variable adecuándose a él, pues unos son inclinados formando un lucernario sobre la cancha del gimnasio para recoger la luz y otros sobresalen en forma de miradores, relacionando el edificio con la calle y volviéndolo a la escala urbana.



Imagen | 4. 4 – Fachada principal Gimnasio Maravillas



Imagen | 4. 5 – Coronación fachada principal



Imagen | 4. 6 – Interior del gimnasio, vista del lucernario

4.3 | FUNCIÓN Y GEOMETRÍA

El programa del edificio debía incluir básicamente un gimnasio con todas sus dependencias, una parte de aulario y un patio de recreo para el colegio.

Como ya hemos dicho, el patio debía situarse en la cubierta de lo que iba a ser el edificio del gimnasio para alinearse con el patio original y servir de ampliación a este. Desde él y hacia abajo, quedaban 12 metros para introducir el resto del edificio.

Si el entorno limitaba la decisión tomada en cuanto a los accesos, el tamaño limitaba el espacio para albergar tanto programa. Por ello, De la Sota juega con este espacio “en el aire” llegando a soluciones constructivas que parecen tanto únicas como obvias y consiguiendo una arquitectura que se centra en resolver las necesidades funcionales.

El gimnasio se distribuye en las dos primeras: la planta sótano aloja los vestuarios, la piscina y un campo de entrenamiento para hockey; la planta baja el pabellón con las pistas deportivas y cuartos para los docentes.

Por normativa era necesario disponer de una anchura libre de 20 metros para alojar la cancha, por lo que se necesitaba una estructura que fuera capaz de sujetar semejantes luces. Así es como De la Sota recurre a la utilización de las cerchas y la planta queda formada por un gran espacio diáfano en la zona central con las pequeñas dependencias que sirven al gimnasio colocadas a su alrededor (Imagen 4.8).

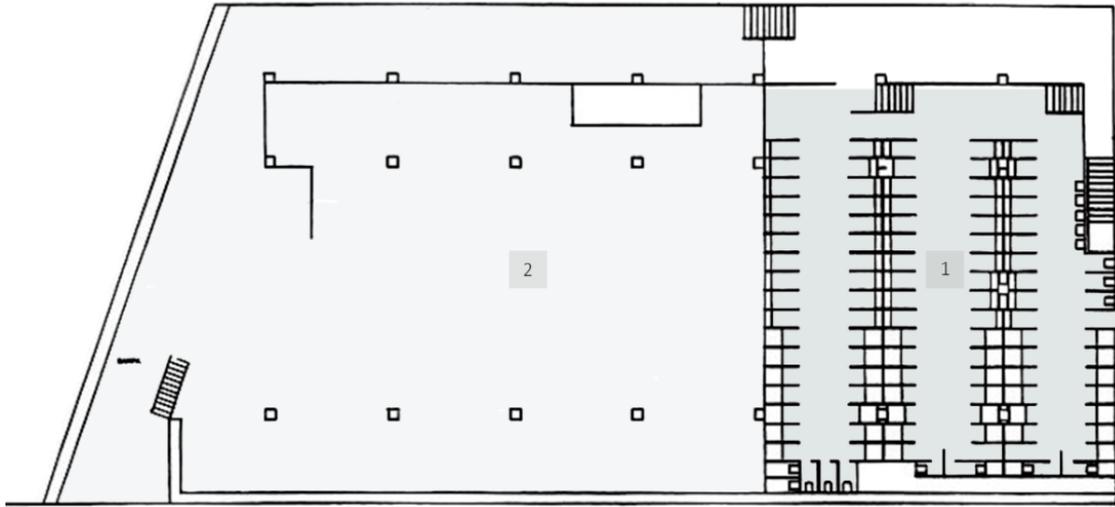


Imagen | 4.7 – Planta sótano

PLANTA SÓTANO

- 1 | Vestuarios gimnasio
- 2 | Espacio para pista de hockey y piscina

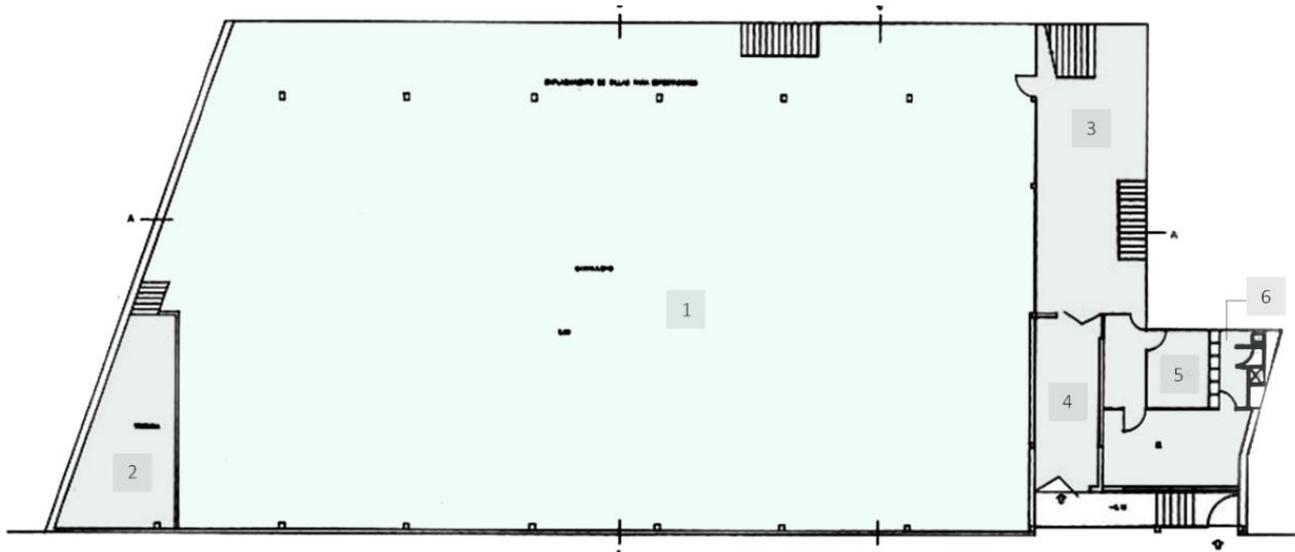


Imagen | 4.8 – Planta baja

PLANTA BAJA

ACCESO

- 1 | Cancha gimnasio
- 2 | Tribuna/Almacén
- 3 | Distribuidor con accesos a sótano y planta superior
- 4 | Acceso principal desde calle
- 5 | Enfermería
- 6 | Aseos

A partir de aquí, la sección del edificio comienza a complicarse creciendo de manera diferente sobre cada parte del gimnasio: entre una y dos alturas sobre la parte central y hasta 3 sobre las dependencias de los profesores de gimnasia.

El gran espacio diáfano de 8 metros de altura con unas cerchas en su centro que bajan hasta los casi 2 metros se aprovecha para colocar salas de física, de conferencias y un museo para los alumnos de ciencias naturales. Estas se distribuyen entre las cerchas del gimnasio consiguiendo así aprovechar todo el espacio útil, y quedando a modo de grada ya que su forjado sigue la dirección de las celosías.

Entre los 8 metros de altura laterales, el arquitecto sitúa tres plantas que permitirán distribuir locales para biblioteca y reuniones de antiguos alumnos y padres, quedando la última de ellas a misma cota de acceso que las aulas y a los laterales de las celosías.

Por último, las gradas del gimnasio se construyen igualmente respondiendo a una situación: los pasos y los asientos son independientes, los accesos quebrados y las filas con barandillas, todo pensado para que no se produzca la caída de los niños. Para acceder a estas gradas se proyectan escaleras y rampas desde distintos puntos, pudiendo llegar tanto a través del patio superior como desde las galerías posteriores a ellas que comunican con las distintas plantas del gimnasio.

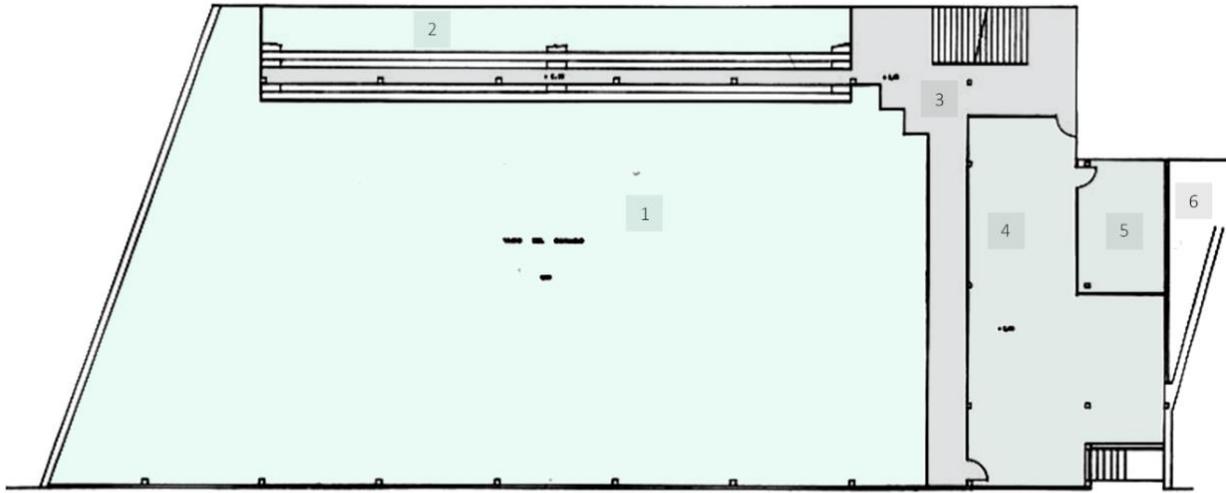


Imagen | 4.9 – Planta primera

PLANTA PRIMERA

- 1 | Cancha gimnasio
- 2 | Graderío
- 3 | Distribuidor con accesos a gradas y planta superior
- 4 | Salas para alumnos, padres y docentes
- 5 | Aseos
- 6 | Patio

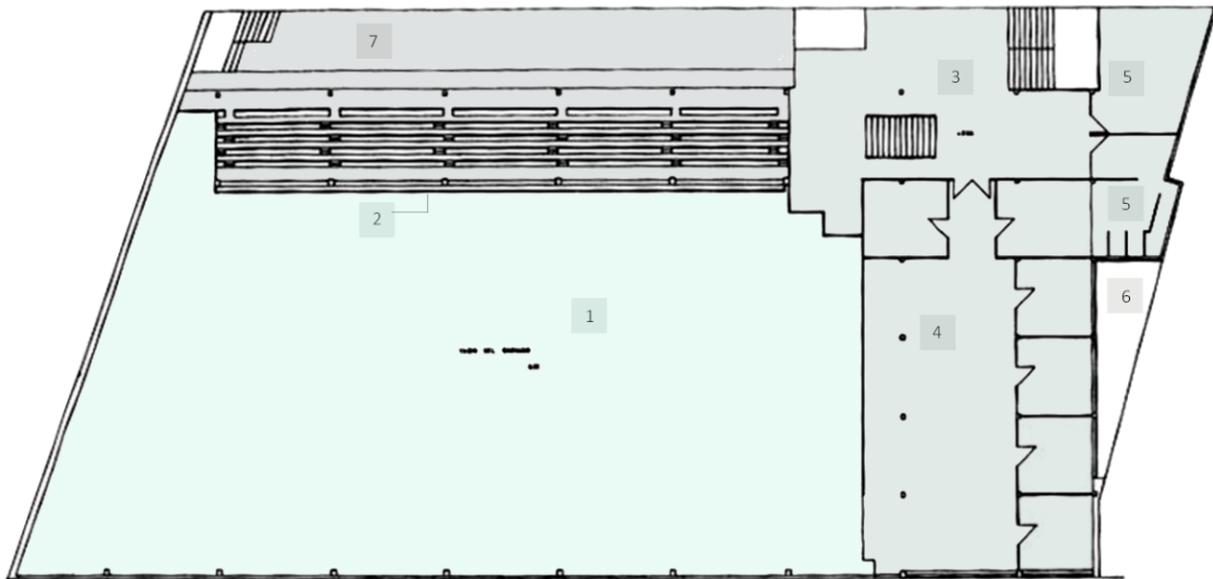


Imagen | 4.10 – Planta segunda

PLANTA SEGUNDA

- 1 | Cancha gimnasio
- 2 | Graderío
- 3 | Distribuidor con accesos a gradas y planta superior
- 4 | Salas para alumnos, padres y docentes
- 5 | Aseos
- 6 | Patio
- 7 | Galería tras graderío con acceso a cubierta

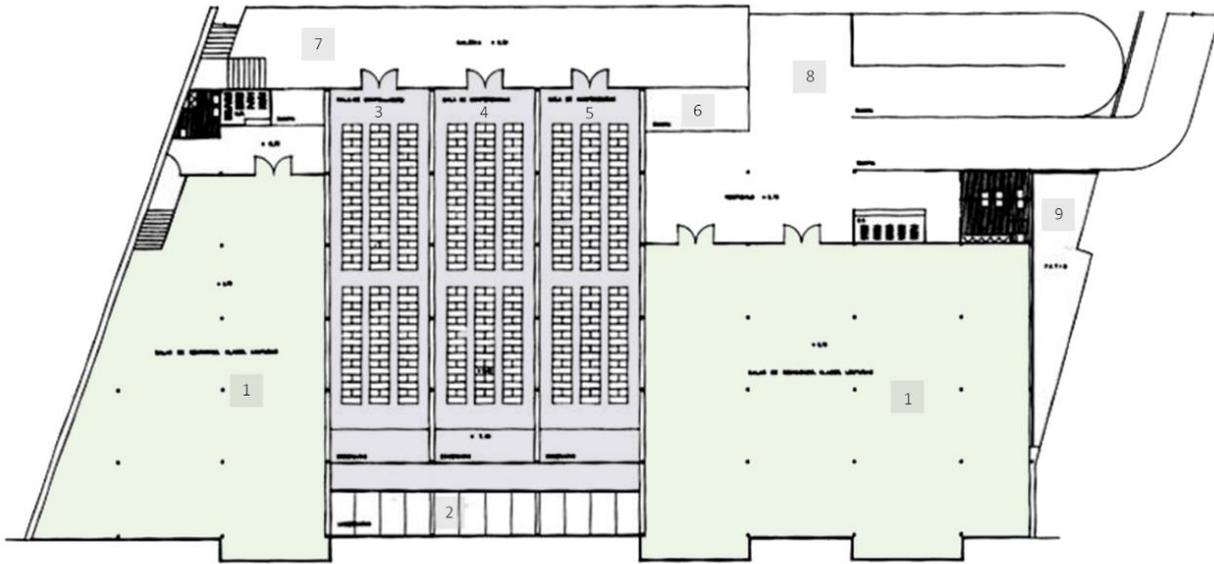


Imagen | 4.11 – Planta tercera

PLANTA TERCERA

- 1 | Salas de reuniones, lectura y clases
- 2 | Vacio del gimnasio
- 3 | Sala de física
- 4 | Sala de conferencias
- 5 | Museo de ciencias naturales
- 6 | Sala de reuniones, lectura y clases
- 7 | Galería tras graderío con acceso a cubierta
- 8 | Distribuidor
- 9 | Patio

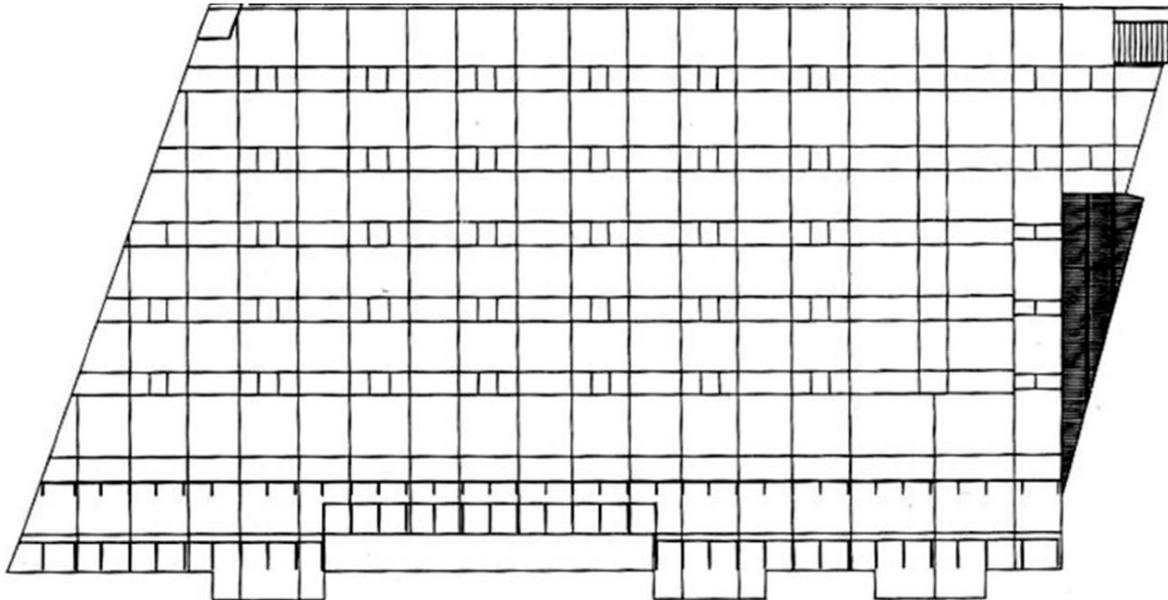


Imagen | 4.12 – Planta cubierta

PLANTA CUBIERTA

La geometría del edificio responde así a la necesidad funcional, que no solo se resume en la manera de distribuir el programa, sino también en aspectos como la luz y la ventilación.

Por un lado, el gimnasio debía estar insonorizado con respecto a la calle para no perder la concentración de los niños. La luz se sitúa así en la parte superior, mediante unos grandes ventanales que iluminan en todo momento la sala, pues como hemos comentado la orientación es idónea para ello. Como sobre el gimnasio se encuentran las aulas, estas se retranquean permitiendo que la luz entrase tanto al pabellón como a su interior, mientras que los miradores que sobresalen en fachada iluminan las salas de profesorado de la tercera planta.

Para la ventilación se utiliza un sistema de ranuras basado en el principio físico de renovación de aire: el aire caliente, al pesar más, tiende a subir dejando que el aire frío ocupe su espacio. Así, este flujo de aire constante se consigue con la colocación de ranuras a ras del gimnasio que permiten la entrada de aire nuevo desde la calle, y superiores en el patio de juegos de la cubierta que lo dejan salir.

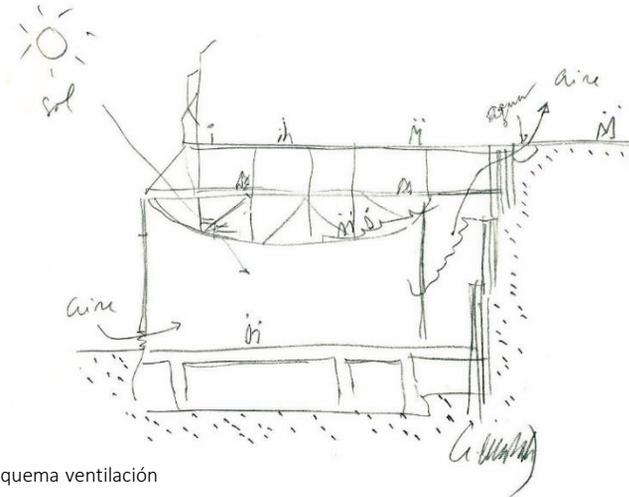


Imagen | 4.13 – Esquema ventilación

4.4 | CONSTRUCCIÓN MATERIALIDAD Y ESTRUCTURA

El sistema constructivo que Alejandro De la Sota escogió para el edificio estuvo condicionado desde el principio por lo expuesto antes.

La estructura del gimnasio se conforma por unos muros de contención de hormigón armado que siguen el escalonamiento del terreno, sistema estructural que se utiliza también en el sótano formado por pilares y vigas de hormigón armado in situ.

Pero continuar con él para la estructura del gimnasio que necesitaba cubrir las grandes luces de la cancha no era una buena idea, pues la altura de las cerchas complicaría su ejecución y provocaría un encarecimiento y retraso de la obra. Por ello se decide optar por un sistema de elementos prefabricados de acero para el resto de las plantas.

Los pórticos principales del gimnasio están constituidos por pilares de acero de 8 metros de altura y 6 de crujía que sujetan las grandes cerchas de 20 metros de longitud. Estos soportes se conforman con perfiles de acero en cajón, al igual que las grandes cerchas denominadas *Bowstring*, cuya característica principal es que están formadas por un cordón en forma arco. Este tipo de cercha se combina con la cercha *Tipo Howe*, caracterizada por contener montantes verticales y diagonales entre sus cordones superior e inferior. Alejandro De la Sota coloca estas cerchas “del revés”, lo que permite ubicar entre sus crujías parte del programa y sujetar la cubierta transitable.

Sobre estas cerchas se coloca una subestructura formada por otro tipo de cerchas, las *Tipo Warren*, cuyas diagonales forman un conjunto de triángulos equiláteros dando lugar a una estructura simétrica. Esta característica las hace perfectas para absorber cargas variables³⁷, razón por la cual se decidió utilizarlas como soporte de la cubierta del gimnasio destinada al patio de juegos.

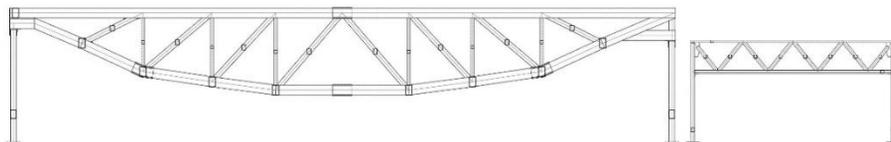


Imagen | 4.14 – Esquema cerchas

El resto de plantas también se construyen mediante un sistema de pilares, vigas y viguetas metálicas, utilizando piezas IPE de acero laminado en taller.



Imagen | 4.15 – Vistas cerchas Bowstring



Imagen | 4.16 – Vistas cerchas Warren (interior aulas)

En cuanto a los materiales, según las palabras de Alejandro De la Sota recogidas por Teresa Couceiro, “Se trató de conseguir un ambiente cargado de humanidad, neutralizador de la frialdad gimnástica; se usó de materiales calientes con color y materia; fue ésta la principal preocupación arquitectónica” (2007, p.104).

Debido a la necesidad de aislar el ruido del gimnasio y del patio de la cubierta para las aulas, los forjados y paramentos verticales están formados por paneles Viroterm, paneles de aglomerado de cemento y virutas de madera especiales para el aislamiento acústico.

Estos paneles se dejan sin revestir, lo que, junto con la utilización de la madera en barandillas y pavimento, dota al espacio de un ambiente cálido y cercano (Imagen 4.17).

Para la entrada de la luz se construyen en la fachada principal ventanales compuestos por vidrio y carpintería metálica hecha de perfiles de hierro sencillos, mientras que en el forjado del patio de niños se colocan lucernarios que iluminan las aulas de la tercera planta (eliminados en la reforma de 1990).

Por último, el arquitecto utilizará el ladrillo tanto para revestir la parte opaca exterior del cerramiento principal como para la tabiquería interior, formada por ladrillos de 5cm de espesor que De la Sota reviste de yeso negro asimilándolo al hierro utilizado en las carpinterías.



Imagen | 4.17 – Interior pabellón

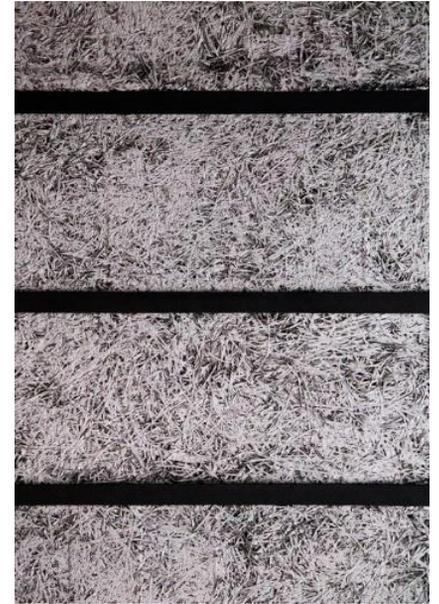


Imagen | 4.18 – Paneles Viroterm



Imagen | 4.19 – Mirador fachada principal

4.5 | IMÁGENES DETALLES Y PROCESO CONSTRUCTIVO

Las gradas formadas por una estructura de hierro y madera con accesos independientes para cada nivel



Imagen | 4.20



Imagen | 4.21

Estructura: sótano de hormigón armado; sobre rasante cerchas, vigas y soportes metálicos más paneles Viroterm que forman los forjados, colocados entre las viguetas también metálicas y dejados sin revestir.



Imagen | 4.22

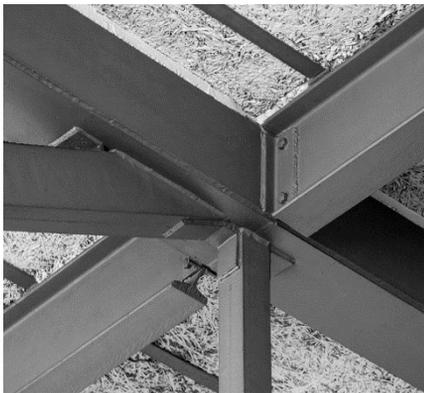


Imagen | 4.23



Imagen | 4.24

Reja metálica de cubierta, protección del patio del colegio.



Imagen | 4.25



Imagen | 4.26

En la obra

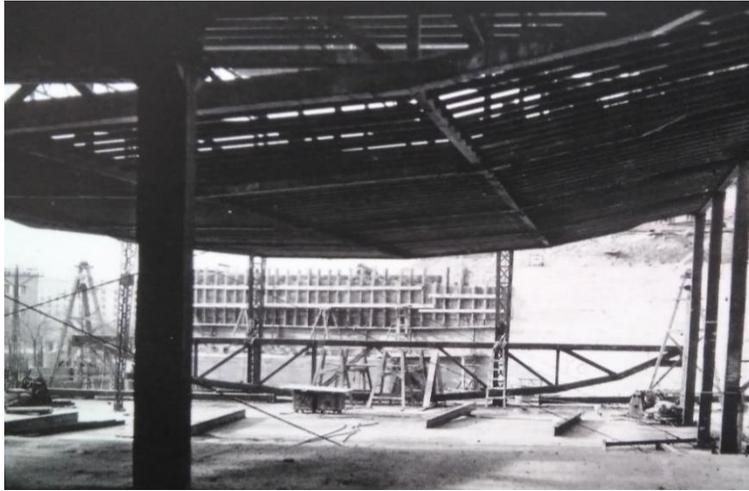


Imagen | 4.27

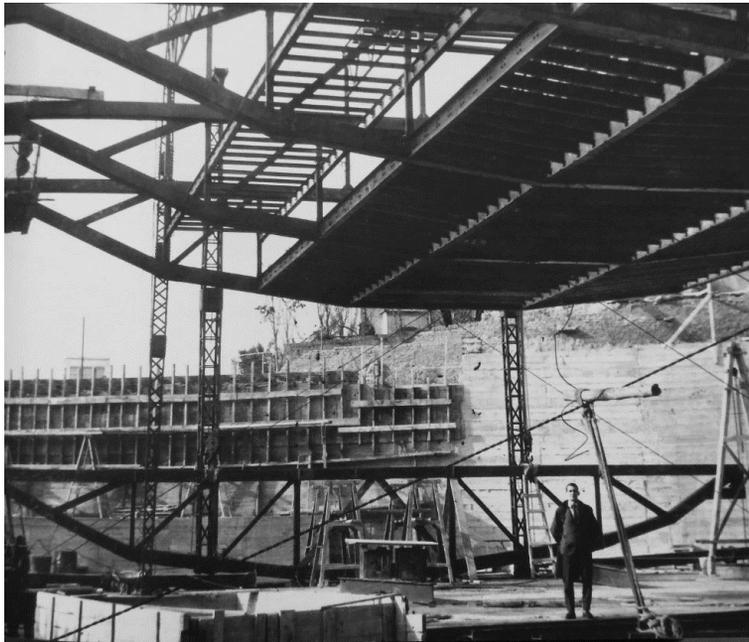


Imagen | 4.28



Imagen | 4.29

5.0 | EL MODELO

5.1 | DESCRIPCIÓN Y SIMPLIFICACIÓN

Procedemos ahora a analizar el comportamiento estructural del Gimnasio Maravillas con la ayuda de los programas informáticos AutoCad y Architrave.

Como ya hemos comentado en el capítulo anterior, la estructura del edificio es mixta porque se utiliza hormigón armado en sótano y planta baja mientras que en las plantas superiores se usa el acero. Pero para nuestro análisis decidimos simplificar el modelo y nos centramos únicamente en las plantas de estructura metálica (plantas sobre rasante), no teniendo en cuenta por tanto ni la planta sótano ni el forjado de la planta baja.

Realizamos el dibujo o modelización de la estructura simplificando sus elementos en barras (dibujadas como líneas) y superficies. Con el Architrave asignamos a estos elementos las secciones, espesores y materiales que les corresponden para posteriormente colocar sobre ellos las cargas que sustentan.

Así, conseguimos una simplificación de la estructura muy aproximada a la original que nos permite introducirla en la aplicación de Architrave de cálculo para poder analizarla y comprender su funcionamiento.

5.2 | MODELIZACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

5.2.1 | Vigas, viguetas y pilares

La estructura metálica de los forjados se compone de vigas, viguetas y pilares formados por secciones comerciales de acero laminado. Fotos de planos originales nos permiten conocer el tipo de perfiles concretos que se utilizan para cada planta. Muchas de estas barras se construyeron con la combinación de perfiles reforzados con chapas metálicas, pero nosotros las simplificamos utilizando únicamente perfiles cuya área sea equivalente a la suma del perfil y la chapa original. La modelización de estos elementos la realizamos mediante barras a las que les asignamos los siguientes perfiles de acero S275:

Elementos	Perfiles planta baja	Perfiles planta 1	Perfiles planta 2	Perfiles planta 3	Perfiles cubierta
Vigas	-	IPE 300	IPE 300	IPE 330	IPE 400
Viguetas	-	IPN 100	IPN 100	IPN 140	IPN 160
Pilares	2 UPN 200	2 UPN 160	2 UPN 120	2 UPN 120	-

En la base de los soportes de la planta baja colocamos empotramientos para modelizar la cimentación que, aunque en la realidad estaría una altura por debajo del terreno, en nuestro modelo queda sobre cota cero al simplificarlo.

- Pilares
- Muros
- Vigas
- Cerchas Bowstring
- Viguetas

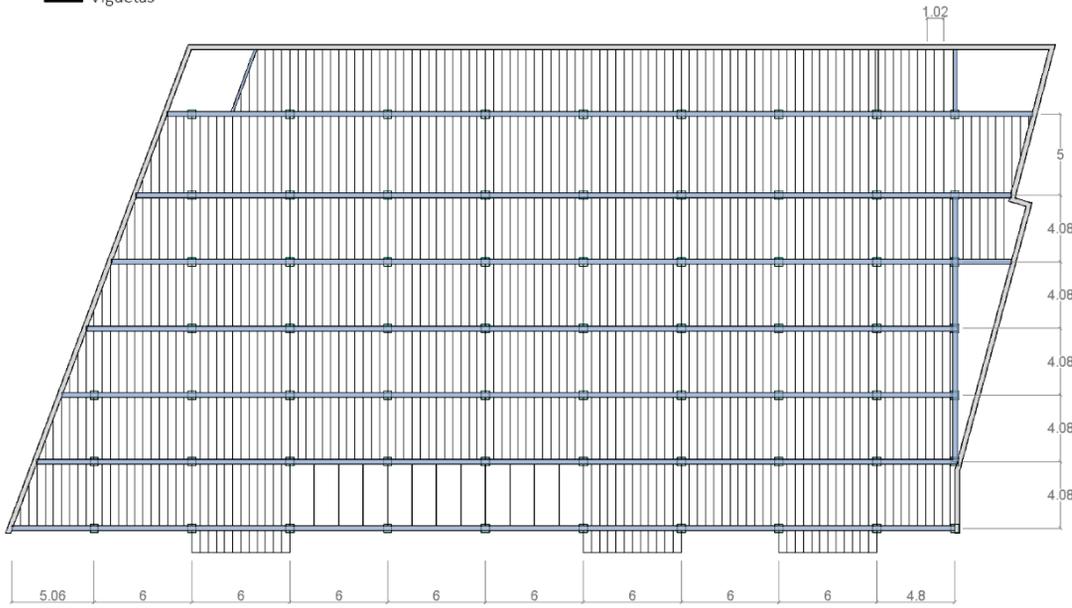


Imagen | 5.1

PLANTA CUBIERTA

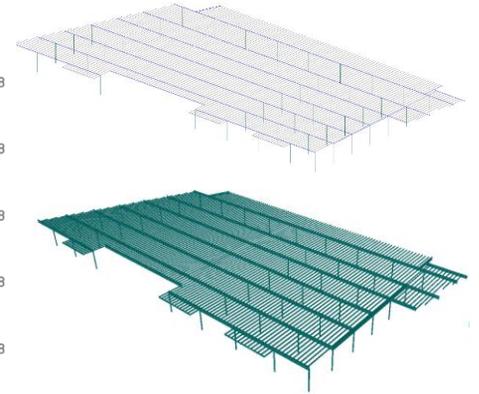


Imagen | 5.2

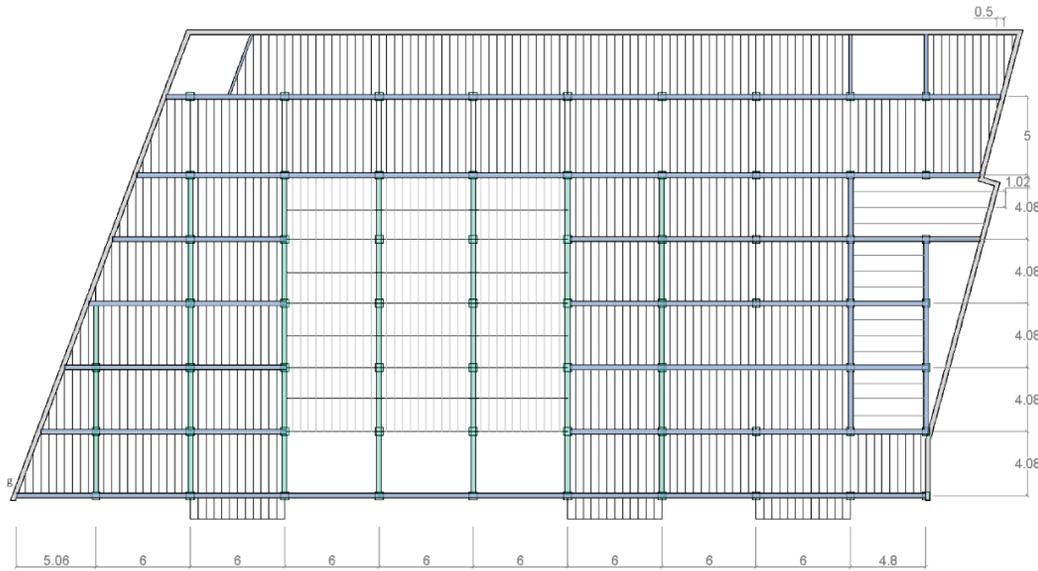


Imagen | 5.3

PLANTA TERCERA

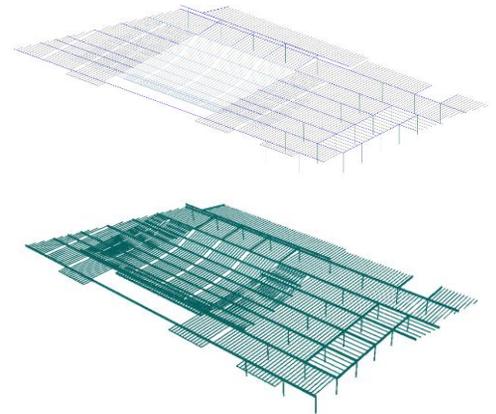


Imagen | 5.4

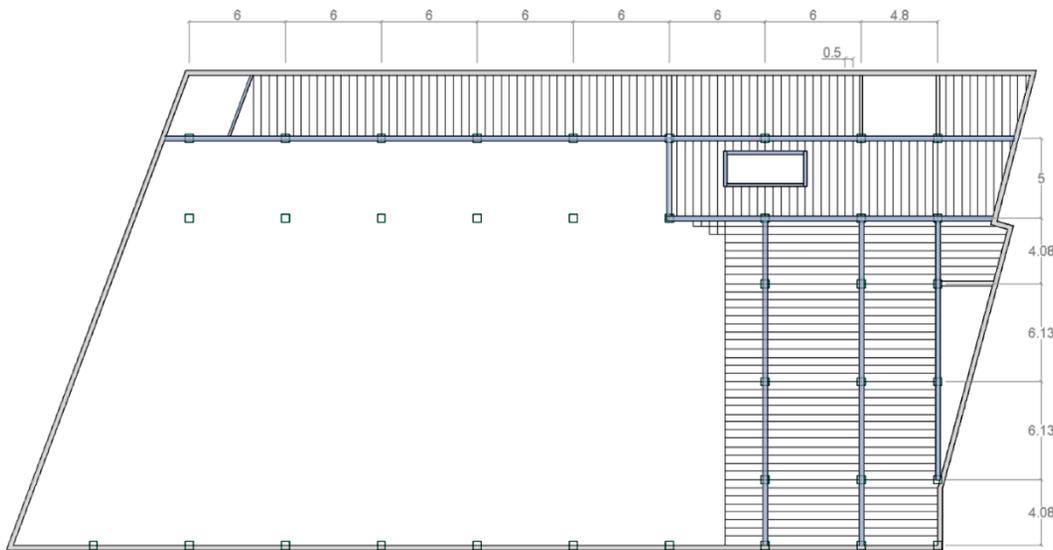


Imagen | 5.5

PLANTA SEGUNDA

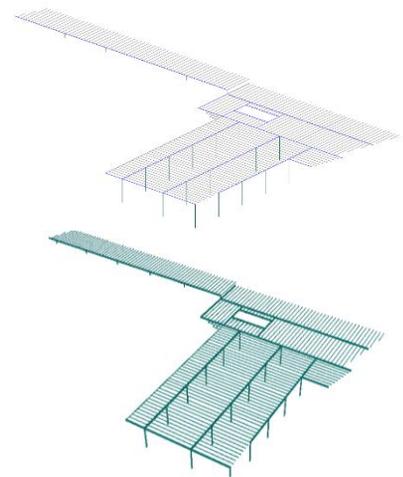


Imagen | 5.6

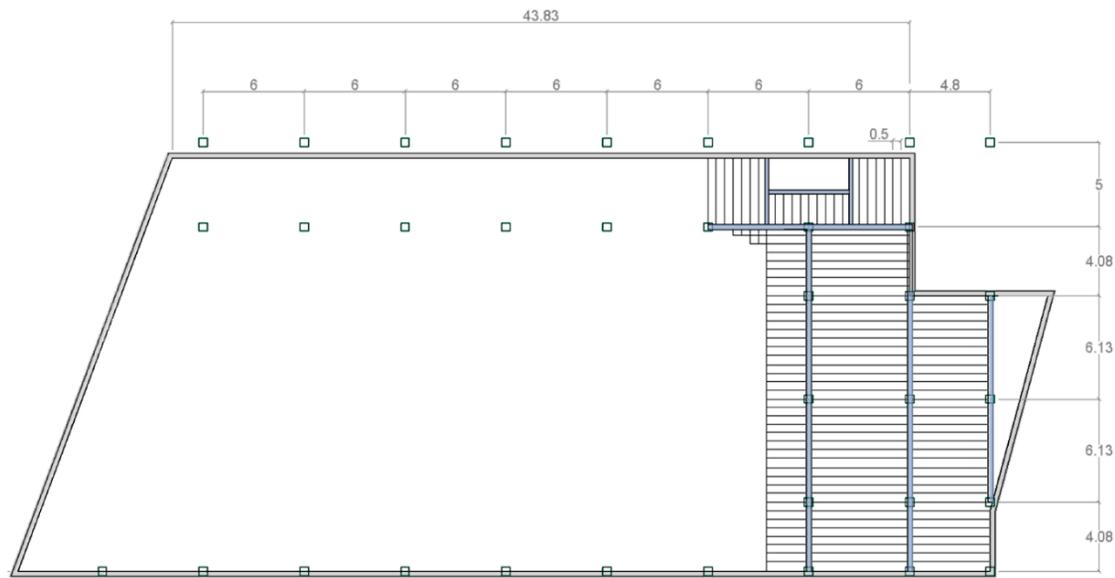


Imagen | 5.7

PLANTA PRIMERA

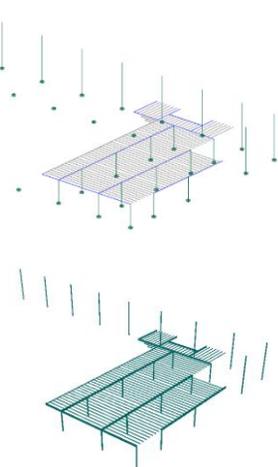


Imagen | 5.8

5.2.2 | Cerchas

Las barras que conforman todas las cerchas están compuestas también por secciones de acero laminado, por lo que las modelizamos como el resto de la estructura metálica mediante barras a las que le asignamos perfiles de acero S275.

_ Cerchas Warren: a todas sus barras se les asignan secciones cerradas en tubo de dimensiones de 100 x 100 mm y 5 mm de espesor. Los pilares que sustentan estas cerchas los modelizamos con 2UPN 120 en cajón (Imagen 5.10).

_ Cerchas Bowstring: estas cerchas que forman las aulas son más complicadas. Todas sus barras se construyeron con perfiles 2UPN en cajón, pero para cada una de ellas Alejandro De la Sota utilizó un tamaño de perfil diferente, añadiendo además en los dos cordones principales unas planchas metálicas de refuerzo. Como hemos encontrado un dibujo original con los perfiles concretos de las barras que se utilizaron (Imagen 5.11), asignamos en nuestro modelo a cada una de ellas los perfiles que le corresponden, simplificando los cordones inferior y superior, y quedando su esquema final como el de la Imagen 5.12. Estas cerchas se apoyan sobre pilares de 8 metros de altura que parten desde la planta baja. En la realidad se construyeron con 2UPN 260 y unas planchas metálicas de refuerzo, pero nosotros también los simplificamos y los modelizamos mediante 2UPN 280 en cajón que posee un área similar a la de los 2 UPN 260 + el palastro metálico.

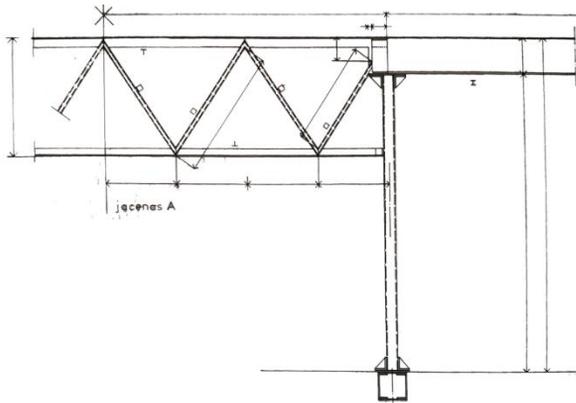


Imagen | 5. 9 – Dibujo original cerchas Warren

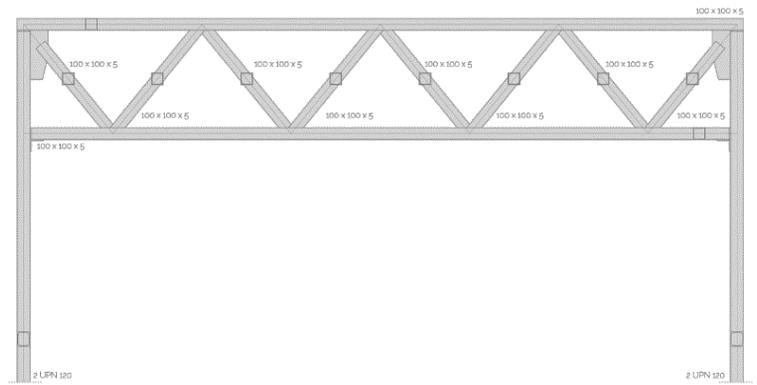


Imagen | 5. 10 – Plano perfiles cerchas Warren

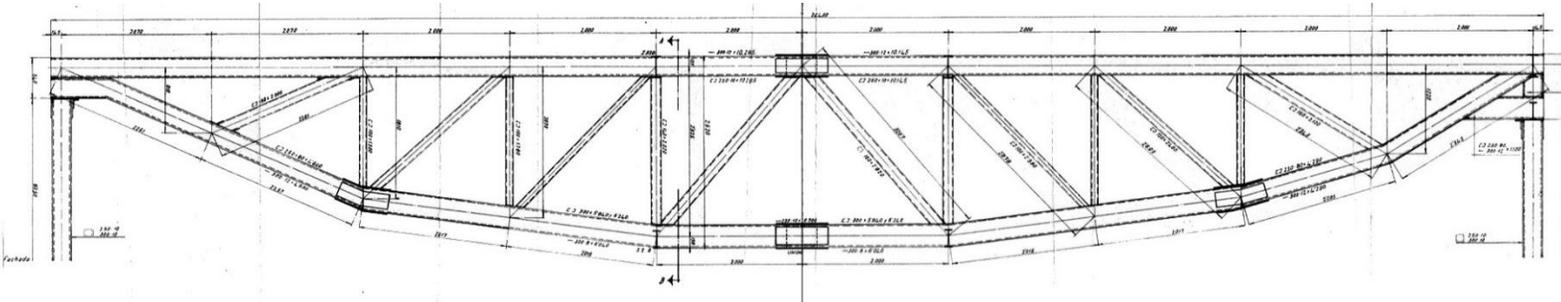


Imagen | 5. 11 – Dibujo original cerchas Bowstring

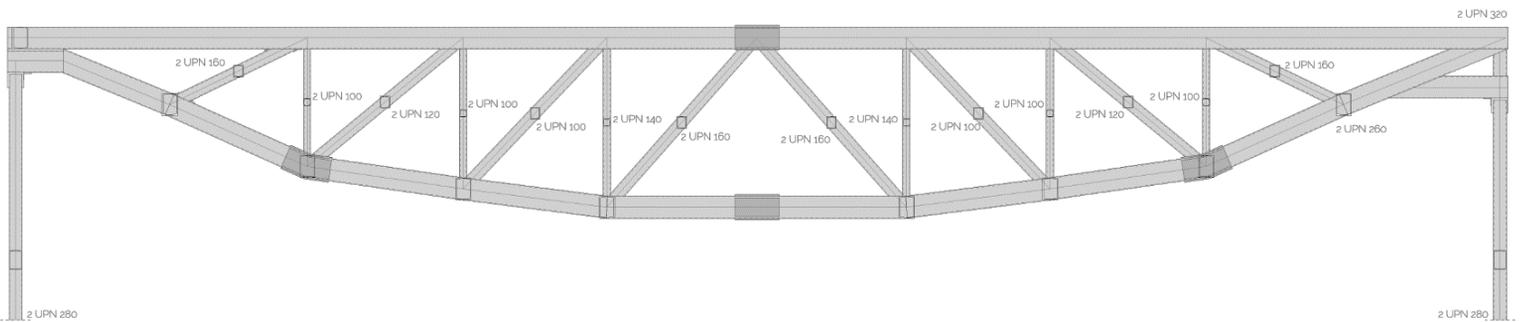


Imagen | 5. 12 – Plano perfiles cerchas Bowstring

5.2.3 | Lucernario

El lucernario de la fachada principal se diseña con una subestructura de perfiles que se apoyan en las vigas de la tercera planta y forman un conjunto de triángulos sobre los que se sustentan los vidrios. Estos perfiles se modelizan también como barras a las que les asignamos secciones cerradas en tubo de 100 x 100 mm y 3mm de espesor de acero S275. (Imagen 5.13)

5.2.4 | Forjados

Entre el entrevigado metálico se colocan los paneles de Viroterm sobre los que se colocan el hormigón ligero y el pavimento de madera. Para su modelización utilizamos el mallado simple consiguiendo unas superficies de elementos finitos que conformarán los forjados de las distintas plantas. A los elementos finitos les damos forma rectangular y les asignamos unas dimensiones de 50 x 50 cm y un espesor de 10 cm de material HA-25. De esta manera simplificamos el conjunto de materiales Viroterm + hormigón + madera en un único elemento modelizado que nos sirve a efectos de cálculo.

5.2.5 | Muros

Los muros perimetrales de hormigón se modelizan como unas vigas de hormigón de 30 cm de espesor y 2,93 metros de altura (misma altura que los pilares de las plantas). Simplificamos así este elemento estructural, pues como hemos dicho queremos centrarnos en el análisis de la estructura metálica, y modelizamos la unión de esta con el muro mediante unos apoyos simples colocados en los extremos de las barras que apoyan sobre el muro.

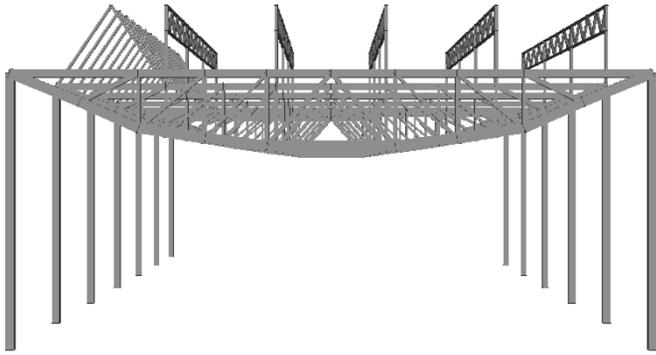


Imagen | 5. 13 – Modelo cerchas + lucernario

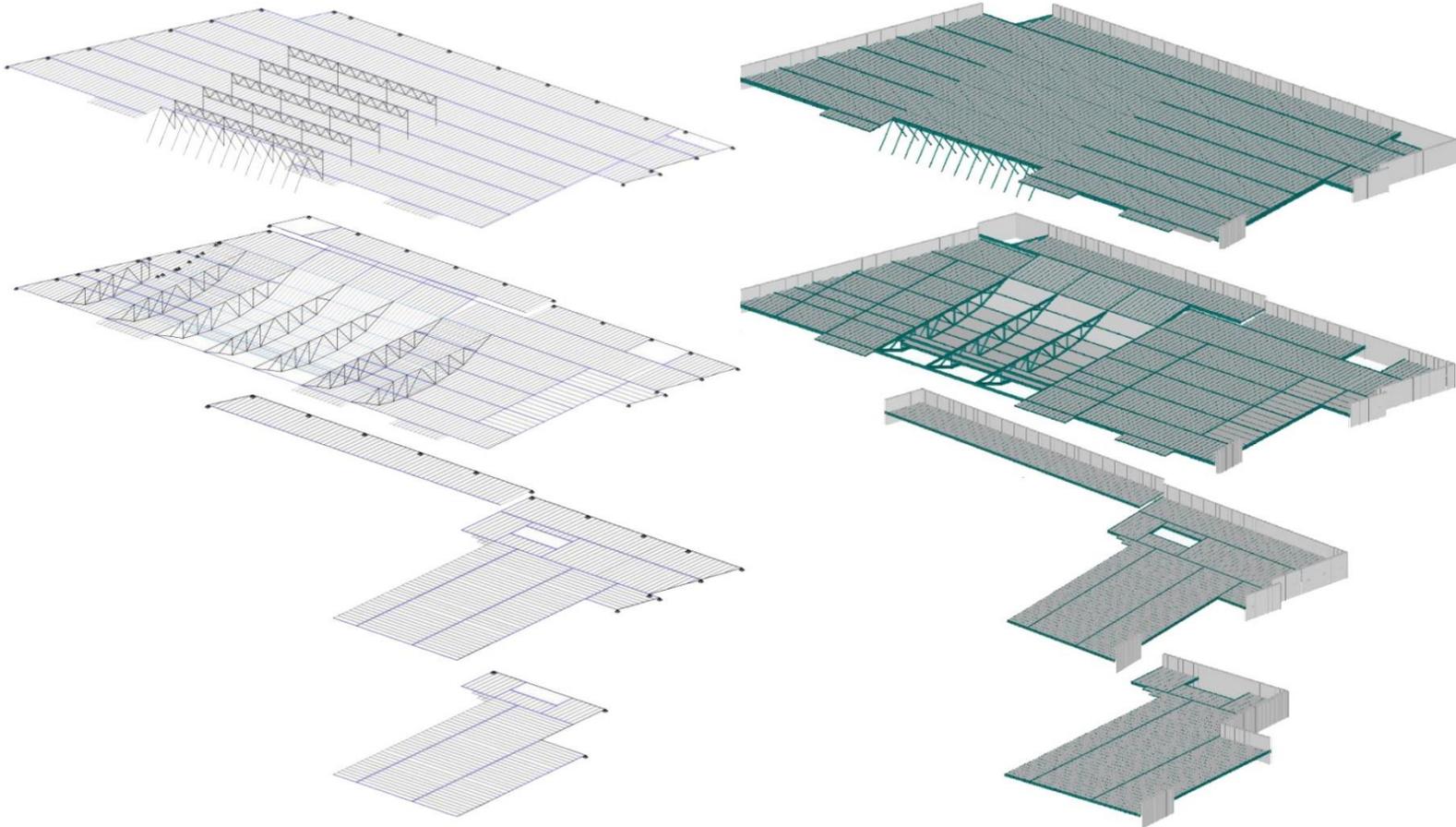


Imagen | 5. 14 – Modelo en línea y sólido de las plantas

5.2.6 | Modelo Final

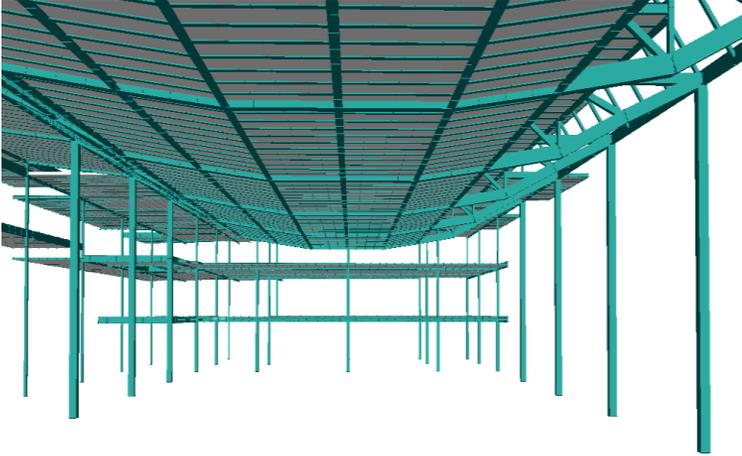


Imagen | 5. 15 – Vista interior gimnasio modelo Architrave.



Imagen | 5. 16 – Vista interior gimnasio foto original.

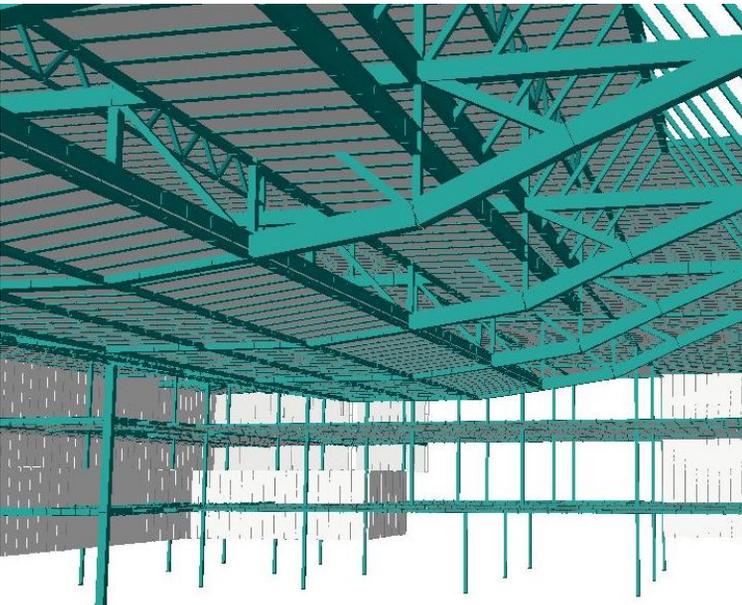


Imagen | 5. 17 – Vista interior gimnasio modelo Architrave.

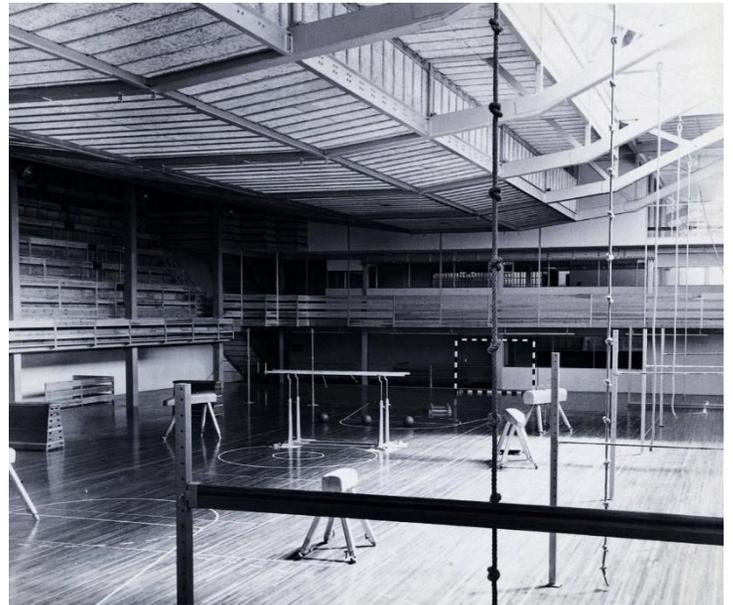


Imagen | 5. 18 – Vista interior gimnasio foto original.

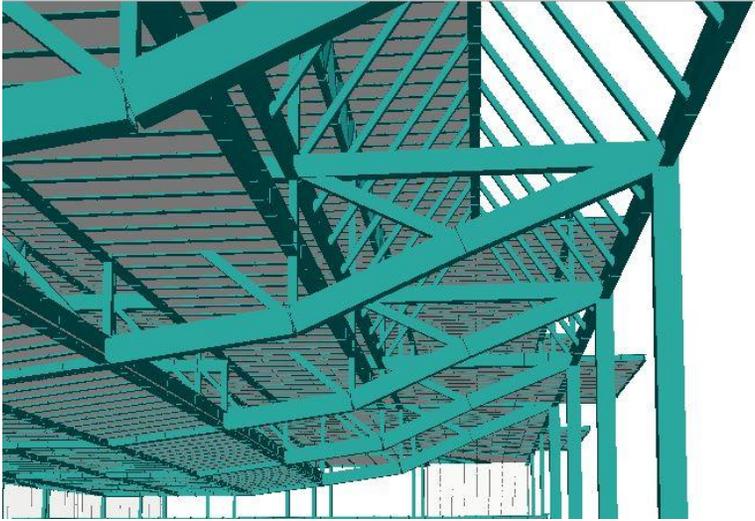


Imagen | 5. 19 – Vista lucernario modelo Architrave.



Imagen | 5. 20 – Vista lucernario foto original.

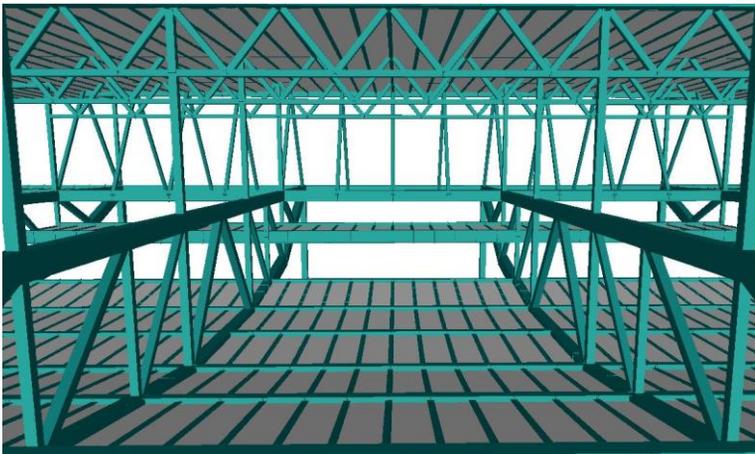


Imagen | 5. 21 – Vista cerchas interior aulas modelo Architrave.



Imagen | 5. 22 – Vista cerchas interior aulas foto original.

5.3 | ASIGNACIÓN Y EVALUACIÓN DE CARGAS

Finalizado nuestro modelo pasamos a evaluar las cargas a las que se encuentra sometido el edificio. Esta evaluación se realiza según lo establecido en el Documento Básico SE-AE del CTE (Seguridad Estructural y Acciones en la edificación.), con el que obtenemos valores aproximados y muy similares a los originales del edificio.

Las cargas que vamos a evaluar las dividimos entre permanentes y variables, obteniendo sus valores en KN/m², por lo que las introduciremos como cargas superficiales verticales sobre los elementos finitos de los forjados.

5.3.1 | Cargas Permanentes

FORJADOS PLANTAS 1, 2 Y 3	Valores
Peso Propio elementos estructurales *	Asignado por Architrave
Instalaciones	0,25 KN/m ²
Tabiquería (ladrillo + yeso)	1,15 KN/m ²
TOTAL (a asignar por nosotros)	1,35 KN/m ²
FORJADO CUBIERTA	Valores
Peso Propio cubierta	2,5 KN/m ²
Instalaciones	0,5 KN/m ²
TOTAL (a asignar por nosotros)	0,5 KN/m ²

* El pavimento también ha sido incluido en el espesor de los elementos finitos, con lo que no contabilizamos su peso para la asignación de cargas.

5.3.2 | Cargas Variables

Sobrecarga de Uso

Hacemos uso de la tabla 3.1 del DB SE-AE para obtener los valores de cada planta dependiendo del uso que se le asigna:

FORJADOS PLANTAS 1, 2 Y 3	Valor
Están formados en su mayoría por aulas y salas de trabajo, por lo que les asignaremos un uso C2	4 kN/m ²
FORJADO CUBIERTA	Valor
Dado que la cubierta se diseña como patio de juego, la clasificamos como una planta de uso C4 (gimnasio y actividades físicas)	5 kN/m ²

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	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 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁸⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁶⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Sobrecarga de Viento

Como nuestro edificio sólo posee 4 alturas, simplificaremos la carga de viento como una superficial que solo afecta al forjado de cubierta. Su valor se calcula según lo establecido en el DB SE-AE mediante la fórmula $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$

q_b = Presión dinámica del viento	Valor
Según el DB: “De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m ² ”	0,5 kN/m ²
c_e = Coeficiente de exposición	Valor
Según el DB: “En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0”	2
c_p = Coeficiente eólico de presión	Valor
Su valor se obtiene con la tabla 3.5 del DB SE-AE *	0,7
TOTAL (0,5 · 2 · 0,7)	0,7 kN/m ²

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Tabla | 5. 2

* La esbeltez se obtiene dividiendo su altura máxima (12 metros) entre el fondo del edificio (32 metros): $12/32 = 0,375$.

Sobrecarga de Nieve

La carga de nieve solo afectará al forjado de cubierta, cuyo valor podemos obtener de la tabla 3.8 del DB SE-AE, siendo de 0,6 KN/m².

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

Tabla | 5. 3

Resumen cargas

PLANTAS		CARGAS PERMANENTES	CARGAS VARIABLES
Forjados	Plantas	1,35 KN/m ²	Uso: 4 KN/m ²
	1,2 y 3		
Cubierta		0,5 KN/m ²	Uso: 5 KN/m ² Viento: 0,7 KN/m ² Nieve: 0,6 KN/m ²

5.4 | COMBINACIÓN DE CARGAS

Con el objetivo de realizar un análisis lo más aproximado posible a la realidad, vamos a plantear diferentes maneras de combinar las cargas evaluadas. Para ello, asignamos las cargas a los elementos del modelo introduciéndolas en el programa por Hipótesis de carga.

Posteriormente realizaremos las combinaciones aplicándoles a cada valor un coeficiente de mayoración o reducción que indica que no todas las cargas se dan a la vez con su valor máximo en situaciones reales.

5.4.1 | Hipótesis de carga

HIPÓTESIS 1 (HIP 01)	CARGA PERMANENTE FORJADOS	1,35 KN/m ²
	CARGA PERMANENTE CUBIERTA	0,5 KN/m ²
HIPÓTESIS 2 (HIP 02)	SOBRECARGA DE USO FORJADOS	4 KN/m ²
	SOBRECARGA DE USO CUBIERTA	5 KN/m ²
HIPÓTESIS 3 (HIP 03)	SOBRECARGA NIEVE CUBIERTA	0,7 KN/m ²
HIPÓTESIS 4 (HIP 04)	SOBRECARGA VIENTO CUBIERTA	0,6 KN/m ²

5.4.2 | Combinaciones

El cálculo consiste en verificar que la estructura es resistente y segura. Para ello debemos comprobar que no se supera ninguno de los Estados Límite que llevarían a su colapso mientras esté sometida a las cargas evaluadas en el apartado anterior. Por lo tanto, planteamos diversas combinaciones de estas cargas utilizando las fórmulas que nos proporciona el DB SE, el cual clasifica:

1 | ELU (Estados Límite Últimos): indican el valor límite del fallo estructural que pueda poner en peligro la seguridad de las personas. Según el DB SE, las combinaciones resultantes en ELU en situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum (\gamma_G \cdot G_k) + (\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}) + \sum (\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} + Q_{k,i})$$

G_k	Valor característico de las acciones permanentes
$Q_{k,1}$	Valor característico de la acción variable considerada como principal
$Q_{k,i}$	Valor característico de la acción variable concomitante
γ_G	Coefficiente parcial de seguridad para acciones permanentes *
γ_Q	Coefficiente parcial de seguridad para acciones variables *
$\psi_{0,i}$	Coefficiente de simultaneidad para acciones variables *

2 | ELS (Estados Límite de Servicio): valores que indican el límite del correcto funcionamiento de la estructura que asegura el bienestar de sus usuarios. Las combinaciones características resultantes en ELS se obtienen con la fórmula:

$$\sum G_k + Q_{k,1} + \sum (\psi_{0,i} + Q_{k,i})$$

G_k	Valor característico de las acciones permanentes
$Q_{k,1}$	Valor característico de la acción variable considerada como principal
$Q_{k,i}$	Valor característico de la acción variable concomitante
$\psi_{0,i}$	Coefficiente de simultaneidad para acciones variables *

* Los coeficientes de seguridad a aplicar se obtienen de las tablas 4.1 y 4.2 del Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE) del CTE:

Tipo de verificación ⁽¹⁾	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
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla | 5. 4

	ψ_0	ψ_1	ψ_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
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Tabla | 5. 5

COMBINACIONES ELU	Tipo
$ELU\ 01 = (1,35 \cdot H1) + (1,5 \cdot H2) + (1,5 \cdot 0,5 \cdot H3)$	Gravitatoria Uso
$ELU\ 02 = (1,35 \cdot H1) + (1,5 \cdot H3) + (1,5 \cdot 0,7 \cdot H2)$	Gravitatoria Nieve
$ELU\ 03 = (1,35 \cdot H1) + (1,5 \cdot H2) + \{1,5 \cdot [(0,5 \cdot H3) + (0,6 \cdot H4)]\}$	Uso
$ELU\ 04 = (1,35 \cdot H1) + (1,5 \cdot H3) + \{1,5 \cdot [(0,7 \cdot H2) + (0,6 \cdot H4)]\}$	Nieve
$ELU\ 05 = (1,35 \cdot H1) + (1,5 \cdot H4) + \{1,5 \cdot [(0,5 \cdot H3) + (0,7 \cdot H2)]\}$	Viento

COMBINACIONES ELS	Tipo
$ELS\ 01 = H1 + H2 + (0,5 \cdot H3)$	Gravitatoria Uso
$ELS\ 02 = H1 + H3 + (0,7 \cdot H2)$	Gravitatoria Nieve
$ELS\ 03 = H1 + H2 + [(0,5 \cdot H3) + (0,6 \cdot H4)]$	Uso
$ELS\ 04 = H1 + H3 + [(0,7 \cdot H2) + (0,6 \cdot H4)]$	Nieve
$ELS\ 05 = H1 + H4 + [(0,5 \cdot H3) + (0,7 \cdot H2)]$	Viento

6.0 | ANÁLISIS Y RESULTADOS

Una vez hemos asignado las cargas al modelo, lo introducimos en el programa Architrave que nos calcula los esfuerzos que se generan en los elementos estructurales debido a las acciones. Ejecutado el cálculo, analizamos los resultados obtenidos para poder entender el funcionamiento de la estructura.

Observamos los esfuerzos y deformaciones que se producen en cada planta de manera individual, identificando cuales son los elementos más interesantes a analizar en el comportamiento general de la estructura.

6.1 COMBINACIONES UTILIZADAS

Para poder realizar el estudio comprobamos previamente que los datos y coeficientes de las cargas están debidamente introducidos en el programa informático (Tabla 6.1 y Tabla 6.2), y seleccionamos las combinaciones más desfavorables de cada Estado Límite para efectuar el análisis:

1 | ELU 01 (Persistente: Gravitatoria Uso): para analizar la resistencia de los elementos mediante los esfuerzos y las tensiones que se generan en ellos.

2 | ELS 01 (Característica: Gravitatoria Uso): para analizar deformaciones de los elementos analizando sus desplazamientos.

Combinaciones de Hipótesis

Combinaciones

ELU ELS CIM

ELU 01 -- Resistencia, Persistente: Gravitatoria Uso
 ELU 02 -- Resistencia, Persistente: Gravitatoria Nieve
 ELU 03 -- Resistencia, Persistente: Uso
 ELU 04 -- Resistencia, Persistente: Nieve
 ELU 05 -- Resistencia, Persistente: Viento

Crear Duplicar Eliminar Eliminar todas

Opciones

Combs. de estabilidad
 Combs. gravitatorias
 Viento en ambos sentidos

Importar Exportar

Información de combinación

Nombre Resistencia, Persistente: Gravitatoria Uso

$(1,35 \times \text{HIP01}) + (1,50 \times \text{HIP02}) + (0,75 \times \text{HIP03})$

Factor	Hipótesis
1,35	01. Peso propio
1,50	02. Uso
0,75	03. Nieve

Añadir hipótesis
 Eliminar hipótesis

Ordenar hipótesis

Numerar de nuevo Regenerar combinaciones Aceptar Cancelar

Tabla | 6. 1

Combinaciones de Hipótesis

Combinaciones

ELU ELS CIM

ELS 01 -- Característica: Gravitatoria Uso
 ELS 02 -- Característica: Gravitatoria Nieve
 ELS 03 -- Característica: Uso
 ELS 04 -- Característica: Nieve
 ELS 05 -- Característica: Viento
 ELS 06 -- Frecuente: Uso
 ELS 07 -- Frecuente: Nieve
 ELS 08 -- Frecuente: Viento
 ELS 09 -- Casi Permanente

Crear Duplicar Eliminar Eliminar todas

Opciones

Combs. de estabilidad
 Combs. gravitatorias
 Viento en ambos sentidos

Importar Exportar

Información de combinación

Nombre Característica: Gravitatoria Uso

$(1,00 \times \text{HIP01}) + (1,00 \times \text{HIP02}) + (0,50 \times \text{HIP03})$

Factor	Hipótesis
1,00	01. Peso propio
1,00	02. Uso
0,50	03. Nieve

Añadir hipótesis
 Eliminar hipótesis

Ordenar hipótesis

Numerar de nuevo Regenerar combinaciones Aceptar Cancelar

Tabla | 6. 2

6.2 ANÁLISIS DE RESISTENCIA: ELU 01

6.2.1 Forjados plantas: vigas

Comenzamos con el análisis de las vigas, pues al poseer mayor longitud y ámbito de carga que las viguetas sus esfuerzos serán mayores.

En las vigas de las plantas primera y segunda se producen momentos flectores de hasta 154,28 KN·m y 159,1 KN·m, y cortantes con un valor máximo de 165,13 KN y 168,1 KN, respectivamente (Imágenes de 6.1 a 6.4). Comprobamos si el perfil asignado a la barra más solicitada de cada planta cumple la normativa (Tablas 6.3 y 6.4). Como podemos ver, el IPE 300 no cumple CTE, fallando a resistencia en ambas plantas debido a que trabaja en valores mayores a su límite elástico. Debemos por tanto aumentar el perfil, asignándole un tamaño mayor, probando con IPE 330 al no encontrarnos muy alejados del valor tensional admisible. Este aumento es suficiente para que el perfil cumpla la normativa, estando del lado de la seguridad, aunque con coeficientes de resistencia de 0.84 y 0.89.

Al analizar la planta tercera y la cubierta, los esfuerzos de las barras más solicitadas son de 177,43 y 202,1 KN (cortantes) y 183,16 y 241,33 KN·m (momentos), respectivamente (Imágenes de 6.5 a 6.8). Realizamos su peritaje y comprobamos que los perfiles asignados cumplen todas las exigencias, aunque los reducidos valores del coeficiente de resistencia nos indican que no estamos excesivamente del lado de la seguridad, en especial en la planta tercera cuyo valor es de 0,98 (Tablas 6.5 y 6.6).

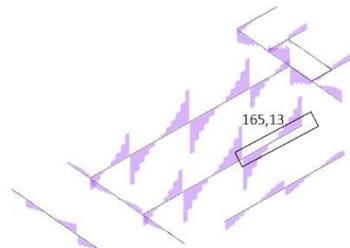


Imagen | 6.1 – Cortantes planta 1

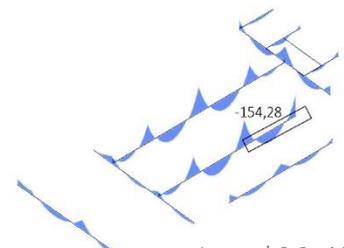


Imagen | 6.2 – Momentos planta 1

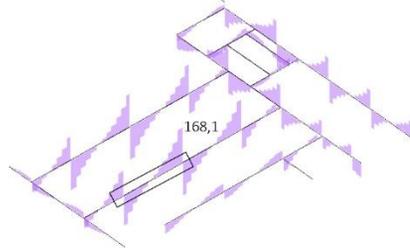


Imagen | 6.3 – Cortantes planta 2

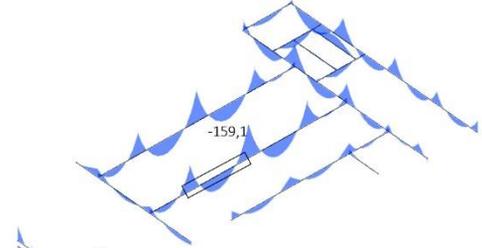


Imagen | 6.4 – Momentos planta 2

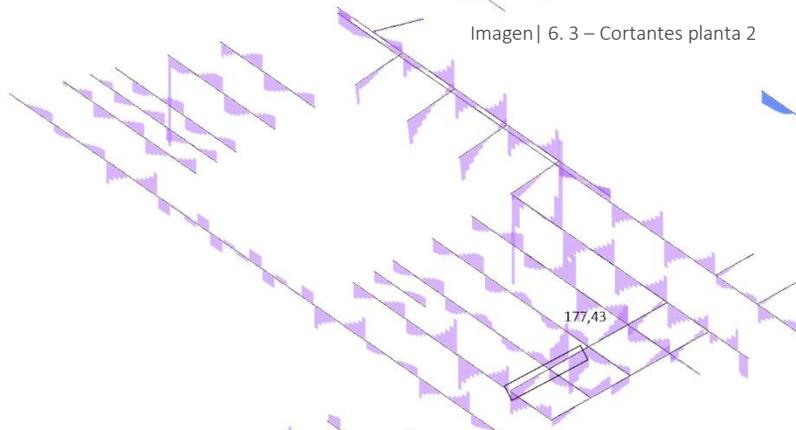


Imagen | 6.5 – Cortantes planta 3

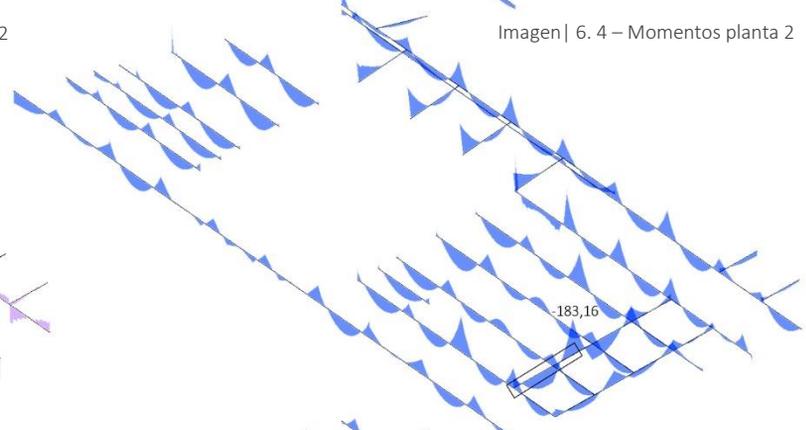


Imagen | 6.6 – Momentos planta 3

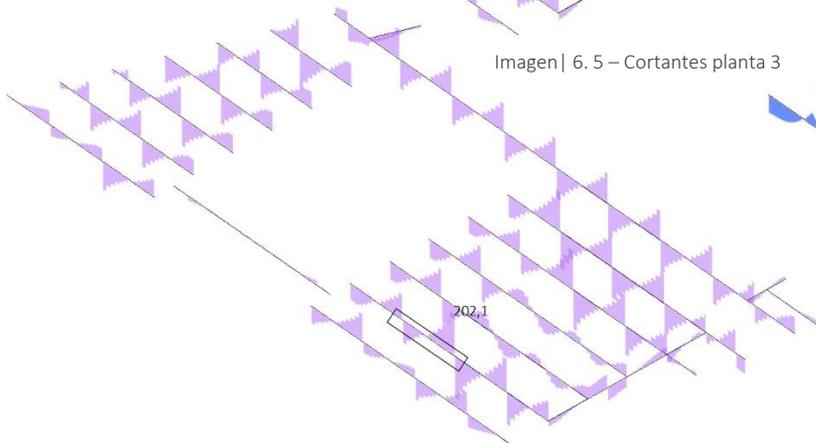


Imagen | 6.7 – Cortantes cubierta

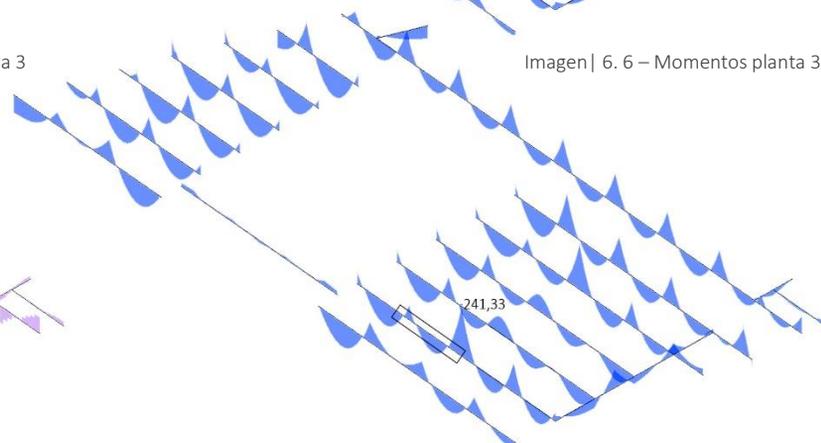


Imagen | 6.8 – Momentos cubierta

Sección: IPE 300

Propiedades: Base: 15,00 cm, Altura: 30,00 cm, Área: 53,99 cm², Ix: 19,04 cm⁴, Iy: 603,96 cm⁴, Iz: 8.388,09 cm⁴

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 68.1, Nº de vigas: 3, Viga actual: 68.1.2, Longitud viga (m): 6.13

Material: Nombre: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000

Comprobaciones: Fallo

Botones: Peritar, Optimizar, Guardar, Restablecer, << Información básica

Resistencia: ELU desfavorable: 3, Ten. Von Mises (N/mm²): 305,17, Coeficiente Resistencia: 1,08, Comprobaciones: Fallo

Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0,51, β Pandeo plano XZ local: 0,50, Coeficiente Pandeo: 0,00, Comprobaciones: Cumple

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0,00, β Pandeo lateral: 0,00, Coeficiente Pandeo lateral: 0,00, Comprobaciones: Cumple

Flecha: ELS desfavorable: 3, Flecha relativa (elástica) (cm): -0,753, Flecha activa (cm): 0,301, Coeficiente Flecha activa: 0,20, Flecha instant. (cm): 0,263, Coeficiente Flecha instantánea: 0,15, Flecha casi-perm (cm): 0,565, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0,28, Tipo de veno: Interior

Comprobaciones: Cumple

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6.3 – Peritaje viga planta 1

Sección: IPE 330

Propiedades: Base: 16,00 cm, Altura: 33,00 cm, Área: 62,86 cm², Ix: 26,72 cm⁴, Iy: 788,50 cm⁴, Iz: 11.822,73 cm⁴

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 68.1, Nº de vigas: 3, Viga actual: 68.1.2, Longitud viga (m): 6.13

Material: Nombre: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000

Comprobaciones: Cumple normativa

Botones: Peritar, Optimizar, Guardar, Restablecer, << Información básica

Resistencia: ELU desfavorable: 3, Ten. Von Mises (N/mm²): 241,13, Coeficiente Resistencia: 0,84, Comprobaciones: Cumple

Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0,51, β Pandeo plano XZ local: 0,50, Coeficiente Pandeo: 0,00, Comprobaciones: Cumple

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0,00, β Pandeo lateral: 0,00, Coeficiente Pandeo lateral: 0,00, Comprobaciones: Cumple

Flecha: ELS desfavorable: 3, Flecha relativa (elástica) (cm): -0,534, Flecha activa (cm): 0,214, Coeficiente Flecha activa: 0,14, Flecha instant. (cm): 0,187, Coeficiente Flecha instantánea: 0,11, Flecha casi-perm (cm): 0,401, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0,20, Tipo de veno: Interior

Comprobaciones: Cumple

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Sección: IPE 300

Propiedades: Base: 15,00 cm, Altura: 30,00 cm, Área: 53,99 cm², Ix: 19,04 cm⁴, Iy: 603,96 cm⁴, Iz: 8.388,09 cm⁴

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 79.2, Nº de vigas: 6, Viga actual: 79.2.2, Longitud viga (m): 6.15

Material: Nombre: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000

Comprobaciones: Fallo

Botones: Peritar, Optimizar, Guardar, Restablecer, << Información básica

Resistencia: ELU desfavorable: 1, Ten. Von Mises (N/mm²): 321,14, Coeficiente Resistencia: 1,14, Comprobaciones: Fallo

Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0,51, β Pandeo plano XZ local: 0,50, Coeficiente Pandeo: 0,50, Comprobaciones: Cumple

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0,00, β Pandeo lateral: 0,00, Coeficiente Pandeo lateral: 0,00, Comprobaciones: Cumple

Flecha: ELS desfavorable: 3, Flecha relativa (elástica) (cm): -0,756, Flecha activa (cm): 0,302, Coeficiente Flecha activa: 0,20, Flecha instant. (cm): 0,265, Coeficiente Flecha instantánea: 0,15, Flecha casi-perm (cm): 0,567, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0,28, Tipo de veno: Interior

Comprobaciones: Cumple

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6.4 – Peritaje viga planta 2

Sección: IPE 330

Propiedades: Base: 16,00 cm, Altura: 33,00 cm, Área: 62,86 cm², Ix: 26,72 cm⁴, Iy: 788,50 cm⁴, Iz: 11.822,73 cm⁴

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 79.2, Nº de vigas: 6, Viga actual: 79.2.2, Longitud viga (m): 6.15

Material: Nombre: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000

Comprobaciones: Cumple normativa

Botones: Peritar, Optimizar, Guardar, Restablecer, << Información básica

Resistencia: ELU desfavorable: 1, Ten. Von Mises (N/mm²): 253,58, Coeficiente Resistencia: 0,89, Comprobaciones: Cumple

Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0,51, β Pandeo plano XZ local: 0,50, Coeficiente Pandeo: 0,39, Comprobaciones: Cumple

Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0,00, β Pandeo lateral: 0,00, Coeficiente Pandeo lateral: 0,00, Comprobaciones: Cumple

Flecha: ELS desfavorable: 3, Flecha relativa (elástica) (cm): -0,536, Flecha activa (cm): 0,215, Coeficiente Flecha activa: 0,14, Flecha instant. (cm): 0,188, Coeficiente Flecha instantánea: 0,11, Flecha casi-perm (cm): 0,402, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0,20, Tipo de veno: Interior

Comprobaciones: Cumple

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Peritar Viga 235.3.3 (Barras: 11471, 11472, 11473, 11474, 11475, 11476, 11477, 11478, 11479, 11480, 11481, 11482, ...)



Sección

Tipo de sección: IPE 330

Propiedades

Base: 16,00 cm
 Altura: 33,00 cm
 Área: 62,86 cm²
 Ix: 26,72 cm⁴
 Iy: 788,50 cm⁴
 Iz: 11.822,73 cm⁴

Pórtico de vigas

< Ver viga anterior

Nombre del pórtico: 235.3
 Nº de vigas: 7
 Viga actual: 235.3.3

Ver viga siguiente >

Longitud viga (m): 6.13

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Guardar Restablecer

<< Información básica

Material

Nombre: ACERO_S275
 Tipo Acero: S275
 Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Resistencia

ELU desfavorable: 1 Ten. Von Mises (N/mm²): 278,21
 Coeficiente Resistencia: 0,98 Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo

ELU desfavorable: 1
 β Pandeo plano XY local: 0,52
 β Pandeo plano XZ local: 0,50
 Coeficiente Pandeo: 0,00

Pandeo lateral

ELU desfavorable:
 β Pandeo lateral: 0,00
 Coeficiente Pandeo lateral: 0,00

Flecha

ELS desfavorable: 1
 Flecha relativa (elástica) (cm): -0,647 Tipo de vano: Interior

Flecha activa (cm): 0,259 Flecha activa/L: 1/ 2.368
 Coeficiente Flecha activa: 0,17 Límite Flecha activa: 1/ 400

Flecha instant. (cm): 0,226 Flecha instant./L: 1/ 2.707
 Coeficiente Flecha instantáneo: 0,13 Límite Flecha instantánea: 1/ 350

Flecha casi-perm (cm): 0,485 Flecha casi-perm/L: 1/ 1.263
 Coeficiente Flecha casi-permanente: 0,24 Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300

Comprobaciones: **Cumple**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coeficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6.5 – Peritaje viga planta 3

Peritar Viga 235.3.3 (Barras: 11471, 11472, 11473, 11474, 11475, 11476, 11477, 11478, 11479, 11480, 11481, 11482, ...)



Sección

Tipo de sección: IPE 330

Propiedades

Base: 16,00 cm
 Altura: 33,00 cm
 Área: 62,86 cm²
 Ix: 26,72 cm⁴
 Iy: 788,50 cm⁴
 Iz: 11.822,73 cm⁴

Pórtico de vigas

< Ver viga anterior

Nombre del pórtico: 235.3
 Nº de vigas: 7
 Viga actual: 235.3.3

Ver viga siguiente >

Longitud viga (m): 6.13

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Guardar Restablecer

<< Información básica

Material

Nombre: ACERO_S275
 Tipo Acero: S275
 Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Resistencia

ELU desfavorable: 1 Ten. Von Mises (N/mm²): 278,21
 Coeficiente Resistencia: 0,98 Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo

ELU desfavorable: 1
 β Pandeo plano XY local: 0,52
 β Pandeo plano XZ local: 0,50
 Coeficiente Pandeo: 0,00

Pandeo lateral

ELU desfavorable:
 β Pandeo lateral: 0,00
 Coeficiente Pandeo lateral: 0,00

Flecha

ELS desfavorable: 1
 Flecha relativa (elástica) (cm): -0,647 Tipo de vano: Interior

Flecha activa (cm): 0,259 Flecha activa/L: 1/ 2.368
 Coeficiente Flecha activa: 0,17 Límite Flecha activa: 1/ 400

Flecha instant. (cm): 0,226 Flecha instant./L: 1/ 2.707
 Coeficiente Flecha instantáneo: 0,13 Límite Flecha instantánea: 1/ 350

Flecha casi-perm (cm): 0,485 Flecha casi-perm/L: 1/ 1.263
 Coeficiente Flecha casi-permanente: 0,24 Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300

Comprobaciones: **Cumple**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coeficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6.6 – Peritaje viga cubierta

6.2.2 Forjados plantas: elementos finitos y viguetas

Pasamos ahora a analizar los elementos finitos estudiando las tensiones que se producen en cada elemento en las dos direcciones principales X e Y.

Al fijarnos en las imágenes podemos ver como las tensiones generadas en los elementos finitos de todos los forjados son mínimas, con valores que no llegan a 1N/mm^2 en la mayoría de ellos y con un máximo de 2 N/mm^2 , y que los diagramas destacan por una homogeneización del color. Todo esto se debe a que los elementos finitos funcionan como un área de reparto que unifica la estructura y se encarga de distribuir las cargas a los elementos principales de ella.

Pero existen algunos puntos en los que el color del diagrama es diferente, lo que indica una concentración de tensiones. Esto ocurre en la planta tercera, donde se produce el encuentro entre el forjado de esta planta con el de las aulas colocadas entre las cerchas del gimnasio: las grandes cerchas ejercen fuerzas sobre el forjado que generan esfuerzos de compresión en los laterales del hueco, introduciendo tensiones de hasta 13 N/mm^2 (Imagen 6.14).

Las viguetas, a diferencia de las vigas, están sometidas a esfuerzos reducidos, pues su longitud e interesejes son menores (Imagen 6.17). Esto se debe a que, junto con los elementos finitos, su función es la de distribuir la carga de manera uniforme hasta las vigas. Su peritaje confirma que el perfil asignado en la modelización en todas las plantas es el correcto.

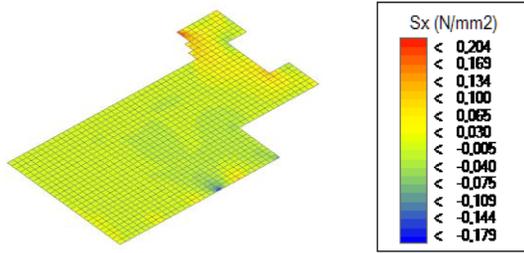


Imagen | 6. 9 – Diagrama Sx planta 1

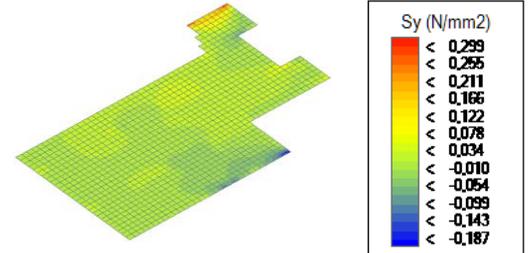


Imagen | 6. 10 – Diagrama Sy planta 1

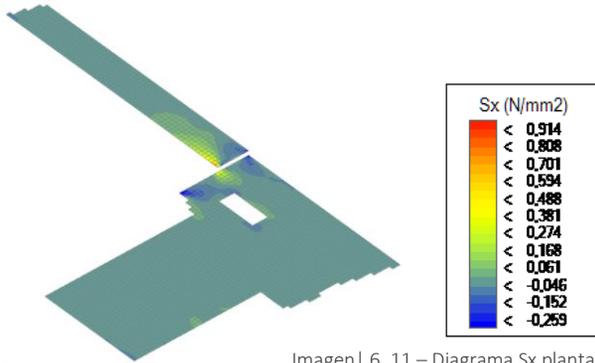


Imagen | 6. 11 – Diagrama Sx planta 2

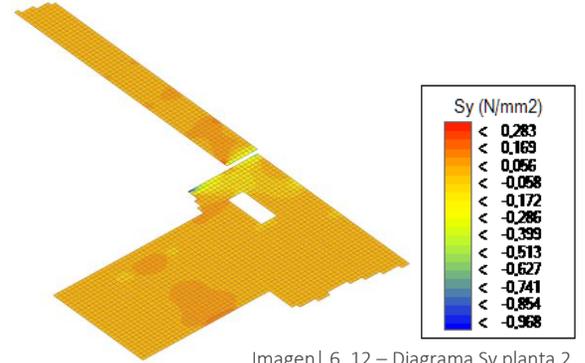


Imagen | 6. 12 – Diagrama Sy planta 2

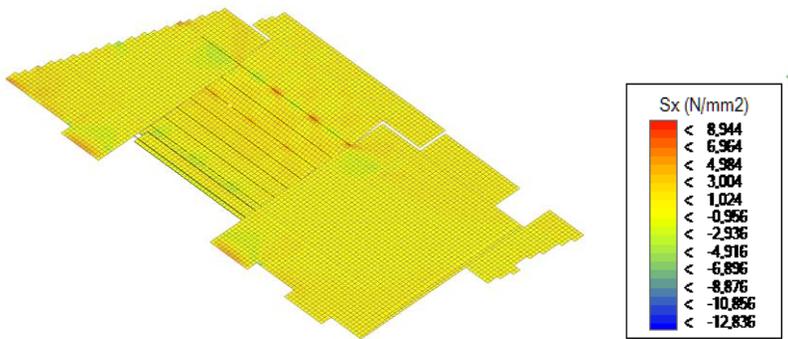


Imagen | 6. 13 – Diagrama Sx planta 3

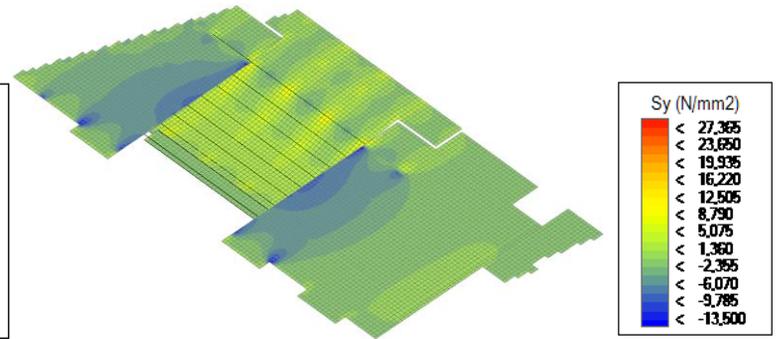


Imagen | 6. 14 – Diagrama Sy planta 3

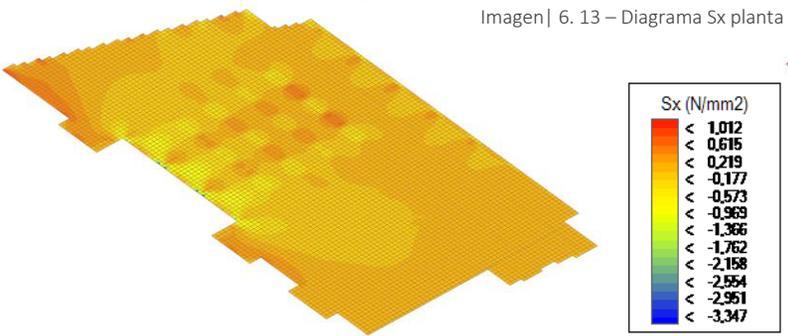


Imagen | 6. 15 – Diagrama Sx cubierta

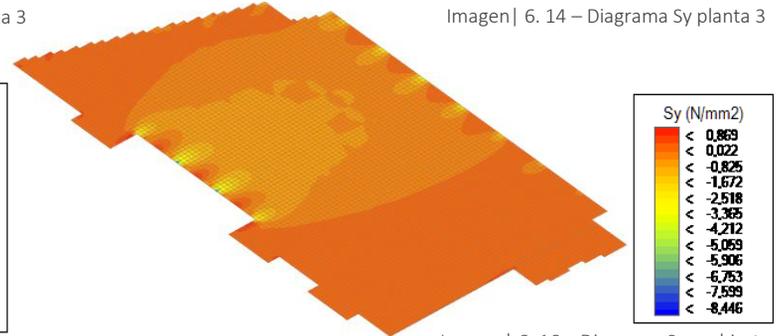


Imagen | 6. 16 – Diagrama Sy cubierta

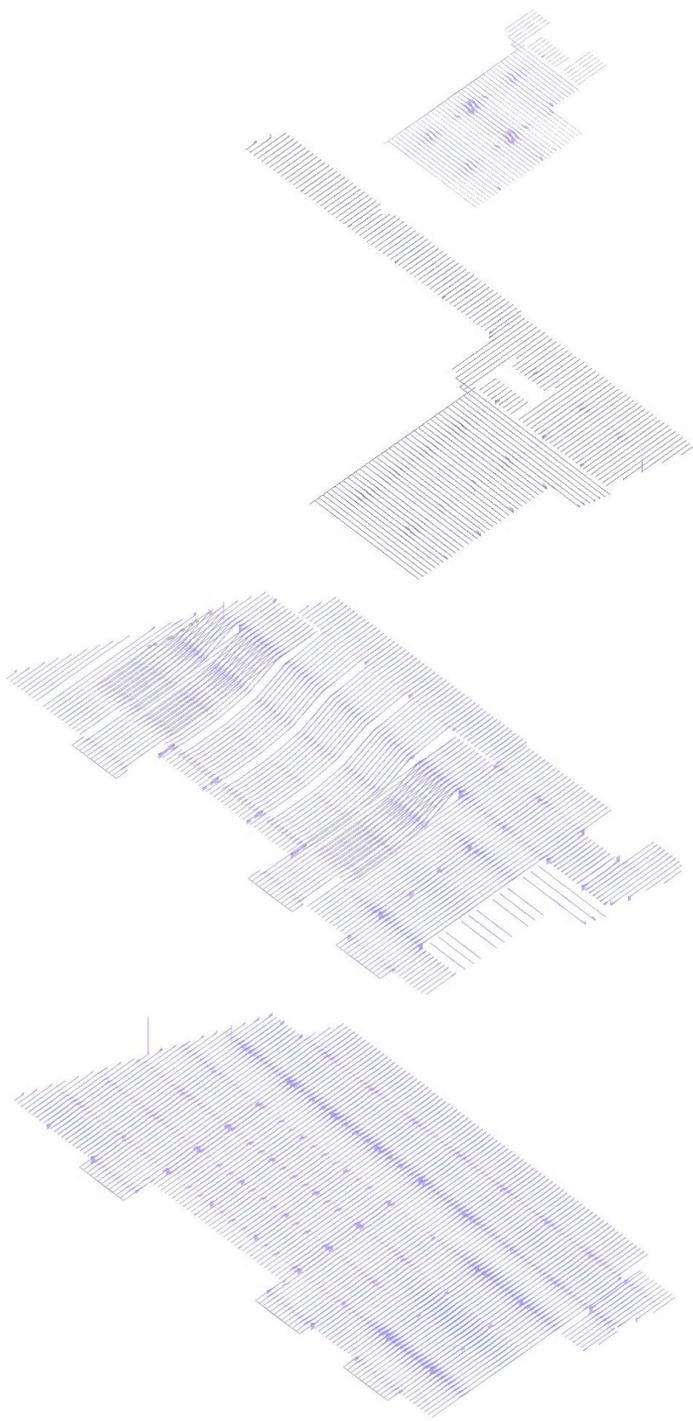


Imagen | 6.17 – Cortantes y momentos viguetas por plantas (misma escala que vigas)

Peritar Viga 132.4.1 (Barras: 19629, 19630, 19631, 19632, 19633, 19634, 19635, 19636, 19637, 19638, 19639, 19640, ...)



Material
Nombre: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Sección
Tipo de sección: IPN 160

Propiedades
Base: 7,40 cm
Altura: 16,00 cm
Área: 22,82 cm²
Ix: 5,89 cm⁴
Iy: 54,48 cm⁴
Iz: 934,64 cm⁴

Pórtico de vigas
Nombre del pórtico: 132.4
Nº de vigas: 1
Viga actual: 132.4.1
Longitud viga (m): 29.39
Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia
ELU desfavorable: 3
Coeficiente Resistencia: 0,28

Pandeo
ELU desfavorable: 3
 β Pandeo plano XY local: 0,50
 β Pandeo plano XZ local: 0,50
Coeficiente Pandeo: 0,28

Pandeo lateral
ELU desfavorable:
 β Pandeo lateral: 0,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00

Ten. Von Mises (N/mm²): 74,66
Comprobaciones: **Cumple**

Chi Z: 0,13
Chi Y: 0,01
Comprobaciones: **Cumple**

Chi lateral: 1,00
Comprobaciones: **Cumple**

Flecha
ELS desfavorable: 3
Flecha relativa (elástica) (cm): -1,301
Tipo de vano: Interior

Flecha activa (cm): 0,520
Coeficiente Flecha activa: 0,07
Flecha instant. (cm): 0,455
Coeficiente Flecha instantánea: 0,05

Flecha casi-perm (cm): 0,976
Coeficiente Flecha casi-permanente: 0,10

Flecha activa/L: 1/ 5,647
Límite Flecha activa: 1/ 400
Flecha instant./L: 1/ 6,454
Límite Flecha instantánea: 1/ 350
Flecha casi-perm/L: 1/ 3,012
Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300
Comprobaciones: **Cumple**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coeficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6.7 – Peritaje vigueta cubierta

Peritar Viga 45.1.2 (Barras: 828, 874, 920, 966, 1012, 1062, 1112, 1162, 1212, 1262, 1312, 1362)



Material
Nombre: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Sección
Tipo de sección: IPN 100

Propiedades
Base: 5,00 cm
Altura: 10,00 cm
Área: 11,06 cm²
Ix: 1,54 cm⁴
Iy: 12,21 cm⁴
Iz: 172,95 cm⁴

Pórtico de vigas
Nombre del pórtico: 45.1
Nº de vigas: 2
Viga actual: 45.1.2
Longitud viga (m): 6.00
Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia
ELU desfavorable: 1
Coeficiente Resistencia: 0,74

Pandeo
ELU desfavorable: 3
 β Pandeo plano XY local: 0,50
 β Pandeo plano XZ local: 0,50
Coeficiente Pandeo: 0,26

Pandeo lateral
ELU desfavorable:
 β Pandeo lateral: 0,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00

Ten. Von Mises (N/mm²): 198,37
Comprobaciones: **Cumple**

Chi Z: 0,75
Chi Y: 0,08
Comprobaciones: **Cumple**

Chi lateral: 1,00
Comprobaciones: **Cumple**

Flecha
ELS desfavorable: 3
Flecha relativa (elástica) (cm): -1,102
Tipo de vano: Interior

Flecha activa (cm): 0,441
Coeficiente Flecha activa: 0,29
Flecha instant. (cm): 0,386
Coeficiente Flecha instantánea: 0,22

Flecha casi-perm (cm): 0,828
Coeficiente Flecha casi-permanente: 0,41

Flecha activa/L: 1/ 1,361
Límite Flecha activa: 1/ 400
Flecha instant./L: 1/ 1,556
Límite Flecha instantánea: 1/ 350
Flecha casi-perm/L: 1/ 726
Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300
Comprobaciones: **Cumple**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coeficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6.8 – Peritaje vigueta planta 1

6.2.3 Pilares plantas

Analizamos los diagramas de axiles y momentos, esfuerzos más importantes en pilares.

Como podemos ver en la imagen de la estructura al completo (Imagen 6.18), todos los pilares se encuentran solicitados a compresión. Los axiles aumentan conforme bajamos de piso, pues a menos cota más plantas existen por encima y por tanto más carga a soportar.

Los axiles y momentos máximos de los pilares en cada planta son de 1582,7 KN y 18,67 KN·m en la planta baja; 1154,8 KN y 18,7 KN·m en la planta primera; 888,32 KN 23,5 KN·m en la planta segunda y 237 KN y 23,5 KN·m en la tercera. Esto quiere decir que todos los pilares trabajan a flexocompresión, siendo los más solicitados aquellos que se encuentran cerca de los voladizos.

Al hacer el peritaje de estos pilares en cada planta vemos que para estar del lado de la seguridad es necesario asignarles otro perfil a todos, pues fallan tanto a pandeo como a resistencia. Por tanto, necesitamos perfiles de área y momentos de inercia mayores para estar del lado de la seguridad, por lo que los pilares asignados deberán cambiarse por: UPN 220 en planta baja, UPN 200 en la primer, UPN 160 en la segunda y UPN 140 para la tercera, (Tablas 6.8 a 6.11), aunque todos ellos estarían muy ajustados ya que sus coeficientes de resistencia son de del orden de 0,9.

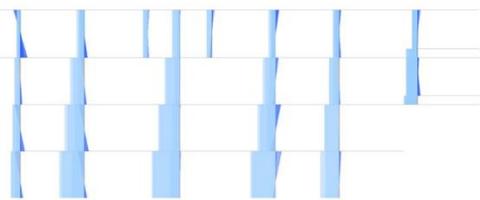
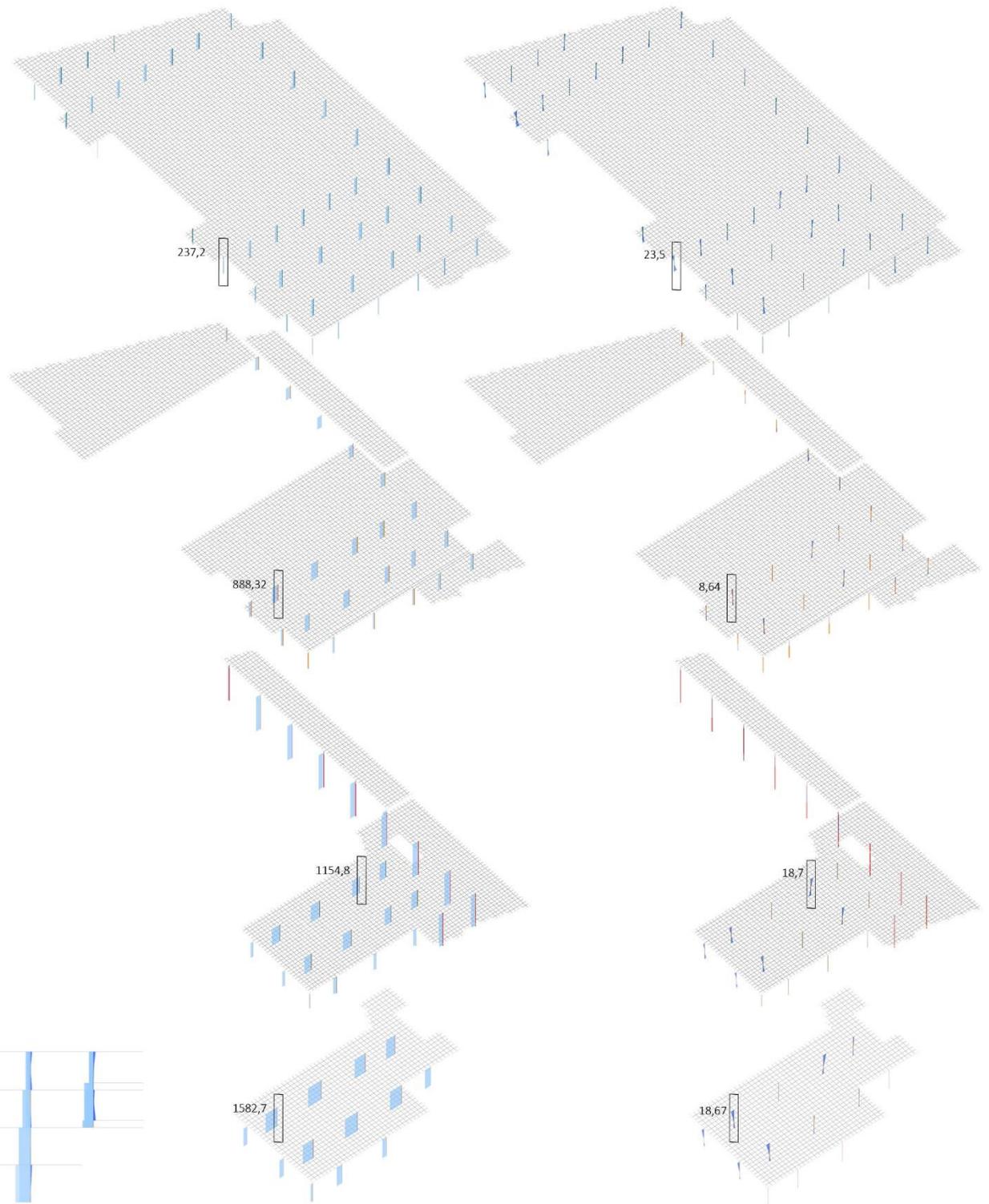


Imagen | 6.18 – Axiles y momentos pilares estructura completa

Imagen | 6.19 – Axiles y momentos pilares por plantas

Peritar Pilar 5.1 (Barra: 5)



Material
Nombre: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Sección

Tipo de sección: UPN2 200

Propiedades

Base: 15,00 cm
Altura: 20,00 cm
Área: 64,61 cm²
Ix: 4.315,98 cm⁴
Iy: 2.243,51 cm⁴
Iz: 3.838,07 cm⁴

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 5
Nº de pilares: 4
Pilar Actual: 5.1

Ver pilar inferior

Longitud pilar (m): 2,93

Comprobaciones

Falla

Guardar Restablecer

<< Información básica

Resistencia

ELU desfavorable: 3 Ten. Von Mises (N/mm²): 290,96
Coeficiente Resistencia: 1,11 Comprobaciones: **Falla**

Pandeo

ELU desfavorable: 3
β Pandeo plano XY local: 0,51 Chi Z: 0,99
β Pandeo plano XZ local: 0,53 Chi Y: 0,95
Coeficiente Pandeo: 1,06 Comprobaciones: **Falla**

Pandeo lateral

ELU desfavorable:
β Pandeo lateral: 0,00 Chi lateral: 1,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00 Comprobaciones: **Cumple**

Flecha (no aplicable en pilar)

ELS desfavorable:
Flecha relativa (elástica) (cm):
Flecha activa (cm): Flecha activa/L: 1/
Coeficiente Flecha activa: Límite Flecha activa: 1/ 400
Flecha instant. (cm): Flecha instant./L: 1/
Coeficiente Flecha instantánea: Límite Flecha instantánea: 1/ 350
Flecha casi-perm (cm) Flecha casi-perm/L 1/
Coeficiente Flecha casi-permanente: Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300
Comprobaciones: **Cumple**

Coeficientes a mostrar
 Seguridad Aprovechamiento

Peritar Pilar 5.1 (Barra: 5)



Material
Nombre: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Sección

Tipo de sección: UPN2 220

Propiedades

Base: 16,00 cm
Altura: 22,00 cm
Área: 75,15 cm²
Ix: 5.880,81 cm⁴
Iy: 2.973,08 cm⁴
Iz: 5.403,35 cm⁴

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 5
Nº de pilares: 4
Pilar Actual: 5.1

Ver pilar inferior

Longitud pilar (m): 2,93

Comprobaciones

Cumple normativa

Guardar Restablecer

<< Información básica

Resistencia

ELU desfavorable: 3 Ten. Von Mises (N/mm²): 245,70
Coeficiente Resistencia: 0,94 Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo

ELU desfavorable: 3
β Pandeo plano XY local: 0,51 Chi Z: 1,00
β Pandeo plano XZ local: 0,53 Chi Y: 0,96
Coeficiente Pandeo: 0,90 Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo lateral

ELU desfavorable:
β Pandeo lateral: 0,00 Chi lateral: 1,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00 Comprobaciones: **Cumple**

Flecha (no aplicable en pilar)

ELS desfavorable:
Flecha relativa (elástica) (cm):
Flecha activa (cm): Flecha activa/L: 1/
Coeficiente Flecha activa: Límite Flecha activa: 1/ 400
Flecha instant. (cm): Flecha instant./L: 1/
Coeficiente Flecha instantánea: Límite Flecha instantánea: 1/ 350
Flecha casi-perm (cm) Flecha casi-perm/L 1/
Coeficiente Flecha casi-permanente: Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300
Comprobaciones: **Cumple**

Coeficientes a mostrar
 Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6. 11 – Peritaje pilar planta 2

Peritar Pilar 5.2 (Barra: 41)



Material
Nombre: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Sección

Tipo de sección: UPN2 160

Propiedades

Base: 13,00 cm
Altura: 16,00 cm
Área: 48,24 cm²
Ix: 2.241,70 cm⁴
Iy: 1.219,19 cm⁴
Iz: 1.858,49 cm⁴

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 5
Nº de pilares: 4
Pilar Actual: 5.2

Ver pilar inferior

Longitud pilar (m): 2,93

Comprobaciones

Falla

Guardar Restablecer

<< Información básica

Resistencia

ELU desfavorable: 3 Ten. Von Mises (N/mm²): 336,04
Coeficiente Resistencia: 1,28 Comprobaciones: **Falla**

Pandeo

ELU desfavorable: 3
β Pandeo plano XY local: 0,51 Chi Z: 0,96
β Pandeo plano XZ local: 0,54 Chi Y: 0,92
Coeficiente Pandeo: 1,17 Comprobaciones: **Falla**

Pandeo lateral

ELU desfavorable:
β Pandeo lateral: 0,00 Chi lateral: 1,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00 Comprobaciones: **Cumple**

Flecha (no aplicable en pilar)

ELS desfavorable:
Flecha relativa (elástica) (cm):
Flecha activa (cm): Flecha activa/L: 1/
Coeficiente Flecha activa: Límite Flecha activa: 1/ 400
Flecha instant. (cm): Flecha instant./L: 1/
Coeficiente Flecha instantánea: Límite Flecha instantánea: 1/ 350
Flecha casi-perm (cm) Flecha casi-perm/L 1/
Coeficiente Flecha casi-permanente: Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300
Comprobaciones: **Cumple**

Coeficientes a mostrar
 Seguridad Aprovechamiento

Peritar Pilar 5.2 (Barra: 41)



Material
Nombre: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Sección

Tipo de sección: UPN2 200

Propiedades

Base: 15,00 cm
Altura: 20,00 cm
Área: 64,61 cm²
Ix: 4.315,98 cm⁴
Iy: 2.243,51 cm⁴
Iz: 3.838,07 cm⁴

Columna de pilares

Ver pilar superior

Nombre de la columna: 5
Nº de pilares: 4
Pilar Actual: 5.2

Ver pilar inferior

Longitud pilar (m): 2,93

Comprobaciones

Cumple normativa

Guardar Restablecer

<< Información básica

Resistencia

ELU desfavorable: 3 Ten. Von Mises (N/mm²): 238,09
Coeficiente Resistencia: 0,91 Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo

ELU desfavorable: 3
β Pandeo plano XY local: 0,51 Chi Z: 0,99
β Pandeo plano XZ local: 0,54 Chi Y: 0,94
Coeficiente Pandeo: 0,83 Comprobaciones: **Cumple**

Pandeo lateral

ELU desfavorable:
β Pandeo lateral: 0,00 Chi lateral: 1,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00 Comprobaciones: **Cumple**

Flecha (no aplicable en pilar)

ELS desfavorable:
Flecha relativa (elástica) (cm):
Flecha activa (cm): Flecha activa/L: 1/
Coeficiente Flecha activa: Límite Flecha activa: 1/ 400
Flecha instant. (cm): Flecha instant./L: 1/
Coeficiente Flecha instantánea: Límite Flecha instantánea: 1/ 350
Flecha casi-perm (cm) Flecha casi-perm/L 1/
Coeficiente Flecha casi-permanente: Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300
Comprobaciones: **Cumple**

Coeficientes a mostrar
 Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6. 12 – Peritaje pilar planta 3

6.2.4 Cerchas

Debido a que en las estructuras en celosía las barras están sometidas únicamente a esfuerzos axiales, las analizamos fijándonos en cómo trabajan frente a esta sollicitación.

Distinguimos dos tipos de cerchas en nuestro modelo:

1 | Cerchas Warren

Además de arriostrar las grandes cerchas del gimnasio confiriéndoles más rigidez como conjunto, las cerchas *Warren* absorben la carga superficial de la cubierta (variable principalmente) para transmitirla como cargas puntuales sobre la estructura principal de las cerchas Bowstring. (Imagen 6.20)

Sus barras poseen axiales con valores comprendidos entre los 40 KN y los 137,1KN y trabajan tanto a tracción como a compresión, mientras que sus pilares están comprimidos y sometidos a esfuerzos axiales cuyos valores máximos son de 269,8 KN.

Al peritar las barras comprobamos que todas cumplen la normativa y por tanto los perfiles que les habíamos asignados son correctos en cuanto a resistencia. (Tablas 6.12 y 6.13)

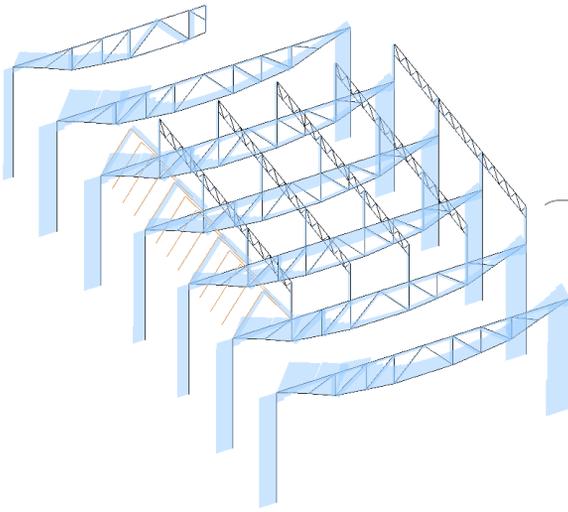


Imagen | 6. 20 – Axiles estructura cerchas completa

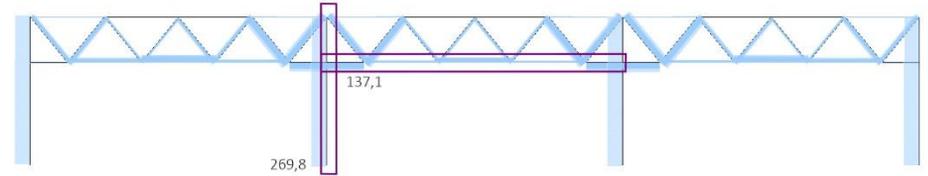


Imagen | 6. 21 – Axiles estructura cerchas Warren

Peritar Viga 1.4.2 (Barras: 13094, 13099, 13104, 13109, 13114)

Sección: I O U
 Tipo de sección: PHC 100x100x5
 Propiedades: Base: 10,00 cm, Altura: 10,00 cm, Área: 18,02 cm², Ix: 459,03 cm⁴, Iy: 262,75 cm⁴, Iz: 262,75 cm⁴
 Material: Nombre: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000
 Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 1.4, Nº de vigas: 3, Viga actual: 1.4.2, Longitud viga (m): 6,00
 Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia: ELU desfavorable: 3, Coeficiente Resistencia: 0,82, Ten. Von Mises (N/mm²): 217,12, Comprobaciones: **Cumple**
 Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0,51, β Pandeo plano XZ local: 0,52, Coeficiente Pandeo: 0,63, Chi Z: 0,59, Chi Y: 0,58, Comprobaciones: **Cumple**
 Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0,00, β Pandeo lateral: 0,00, Coeficiente Pandeo lateral: 0,00, Chi lateral: 1,00, Comprobaciones: **Cumple**
 Flecha: ELS desfavorable: 3, Flecha relativa (elástica) (cm): -0,123, Tipo de vano: Interior, Flecha activa (cm): 0,049, Coeficiente Flecha activa: 0,03, Flecha instant. (cm): 0,043, Coeficiente Flecha instantánea: 0,03, Flecha casi-perm (cm): 0,092, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0,05, Flecha activa/L: 1/ 12.225, Límite Flecha activa: 1/ 400, Flecha instant./L: 1/ 13.972, Límite Flecha instantánea: 1/ 350, Flecha casi-perm/L: 1/ 6.520, Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300, Comprobaciones: **Cumple**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6. 13 – Peritaje cordón

Peritar Pilar 94.4.1 (Barra: 172)

Sección: I O U
 Tipo de sección: UPN2 120
 Propiedades: Base: 11,00 cm, Altura: 12,00 cm, Área: 34,09 cm², Ix: 1.010,83 cm⁴, Iy: 604,42 cm⁴, Iz: 730,94 cm⁴
 Material: Nombre: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000
 Columna de pilares: Ver pilar superior: Nombre de la columna: 94, Nº de pilares: 4, Pilar Actual: 94.4.1, Ver pilar inferior: Longitud pilar (m): 2,08
 Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia: ELU desfavorable: 3, Coeficiente Resistencia: 0,98, Ten. Von Mises (N/mm²): 256,66, Comprobaciones: **Cumple**
 Pandeo: ELU desfavorable: 3, β Pandeo plano XY local: 0,55, β Pandeo plano XZ local: 0,53, Coeficiente Pandeo: 0,69, Chi Z: 0,96, Chi Y: 0,95, Comprobaciones: **Cumple**
 Pandeo lateral: ELU desfavorable: 0,00, β Pandeo lateral: 0,00, Coeficiente Pandeo lateral: 0,00, Chi lateral: 1,00, Comprobaciones: **Cumple**
 Flecha (no aplicable en pilar): ELS desfavorable: 0, Flecha relativa (elástica) (cm): 0, Tipo de vano: 0, Flecha activa (cm): 0, Flecha activa/L: 1/ 0, Coeficiente Flecha activa: 0, Límite Flecha activa: 1/ 400, Flecha instant. (cm): 0, Flecha instant./L: 1/ 0, Coeficiente Flecha instantánea: 0, Límite Flecha instantánea: 1/ 350, Flecha casi-perm (cm): 0, Flecha casi-perm/L: 1/ 0, Coeficiente Flecha casi-permanente: 0, Límite Flecha casi-permanente: 1/ 300, Comprobaciones: **Cumple**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6. 14 – Peritaje pilar

2 | Cerchas Bowstring

Como vemos en las imágenes, el cordón superior de estas cerchas se encuentra comprimido (axiles negativos) al igual que las diagonales, mientras que el cordón inferior y los montantes están solicitados a tracción (axiles positivos). Llamamos la atención los diagramas del cordón inferior conforme nos acercamos a la fachada principal, pues los axiles aumentan de manera considerable. Esto seguramente se deba a dos razones: por un lado, en esta zona la cercha está sometida a una carga mayor en comparación con la otra parte, en la que los forjados de la planta tercera reparten una fracción de la carga entre las vigas adyacentes; por otro lado, debemos recordar que al cordón inferior de la cercha le hemos asignado 2UPN 320 en cajón en lugar de dimensionarlo como en la realidad con 2UPN 250 más una chapa metálica de rigidización. Por eso, cuando peritamos el cordón observamos que el perfil asignado no cumple a resistencia, pues trabaja a valores mayores a su límite elástico. Esto quiere decir que nos hemos quedado cortos con la simplificación, por lo que aumentamos su área asignándole un perfil mayor y vemos que ahora sí es suficiente para que todas las barras de la cercha cumplan normativa. (Tablas 6.16.). Destacan también los pilares, solicitados a compresión con un axil máximo de 1925,8 KN, que al igual que el cordón de las cerchas, estas barras se simplificaron con equivalencias de áreas y para que cumplan la normativa debemos asignarles un perfil mayor (Tabla 6.16).

Por último, mencionar la colaboración de los perfiles del lucernario en aquellas cerchas que los sujetan, pues ayudan a disminuir los axiles de estas.

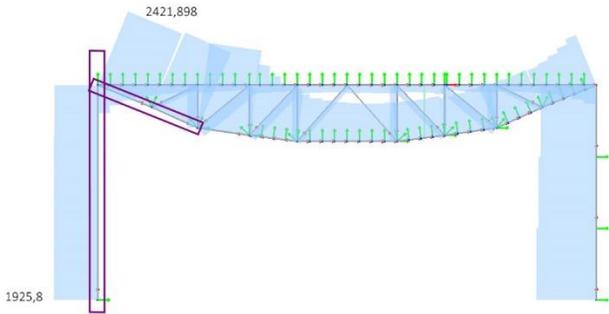


Imagen | 6. 22 – Axiles estructura cerchas Bowstrin

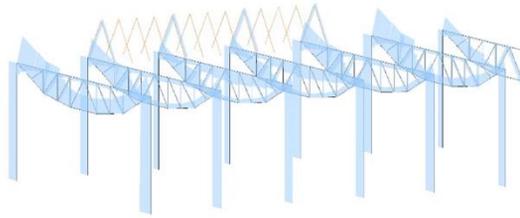


Imagen | 6. 23 – Axiles estructura cerchas Bowstrin y perfiles lucernario

Peritar Viga 6.3.1 (Barras: 6616, 6992)

Sección: UPN2 320

Nombre del pórtico: 6.3
Nº de vigas: 1
Viga actual: 6.3.1

Propiedades:
Base: 20,00 cm
Altura: 32,00 cm
Área: 156,42 cm²
Ix: 21.153,47 cm⁴
Iy: 9.692,54 cm⁴
Iz: 22.679,06 cm⁴

Material: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Pórtico de vigas:
Longitud viga (m): 4.44

Comprobaciones: **Falla**

Resistencia:
ELU desfavorable: 3
Ten. Von Mises (N/mm²): 269,32
Coeficiente Resistencia: 1,02

Pandeo:
ELU desfavorable: 3
β Pandeo plano XY local: 0,57
β Pandeo plano XZ local: 0,55
Coeficiente Pandeo: 0,00

Pandeo lateral:
ELU desfavorable:
β Pandeo lateral: 0,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00

Flacha:
ELS desfavorable: 3
Flacha relativa (elástica) (cm): -0,999
Tipo de vano: Interior

Flacha activa (cm): 0,400
Coeficiente Flacha activa: 0,36
Flacha instant. (cm): 0,350
Flacha casi-perm (cm): 0,749
Coeficiente Flacha casi-permanente: 0,51

Flacha instant. L: 1/1.111
Flacha instant. X: 1/400
Flacha instant. L: 1/1.270
Flacha instant. X: 1/350
Flacha casi-perm L: 1/593
Flacha casi-perm X: 1/300

Comprobaciones: **Falla**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Peritar Viga 6.3.1 (Barras: 6616, 6992)

Sección: UPN2 350

Nombre del pórtico: 6.3
Nº de vigas: 1
Viga actual: 6.3.1

Propiedades:
Base: 20,00 cm
Altura: 35,00 cm
Área: 159,22 cm²
Ix: 23.362,66 cm⁴
Iy: 10.265,16 cm⁴
Iz: 26.829,58 cm⁴

Material: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Pórtico de vigas:
Longitud viga (m): 4.44

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia:
ELU desfavorable: 3
Ten. Von Mises (N/mm²): 258,76
Coeficiente Resistencia: 0,98

Pandeo:
ELU desfavorable: 3
β Pandeo plano XY local: 0,57
β Pandeo plano XZ local: 0,55
Coeficiente Pandeo: 0,00

Pandeo lateral:
ELU desfavorable:
β Pandeo lateral: 0,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00

Flacha:
ELS desfavorable: 3
Flacha relativa (elástica) (cm): -0,845
Tipo de vano: Interior

Flacha activa (cm): 0,338
Coeficiente Flacha activa: 0,30
Flacha instant. (cm): 0,296
Flacha casi-perm (cm): 0,634
Coeficiente Flacha casi-permanente: 0,43

Flacha instant. L: 1/1.315
Flacha instant. X: 1/400
Flacha instant. L: 1/1.503
Flacha instant. X: 1/350
Flacha casi-perm L: 1/701
Flacha casi-perm X: 1/300

Comprobaciones: **Cumple**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6.15 – Peritaje cordón inferior

Peritar Pilar 26.3 (Barras: 26)

Sección: UPN2 280

Nombre de la columna: 26
Nº de pilares: 2
Pilar Actual: 26.3

Propiedades:
Base: 19,00 cm
Altura: 28,00 cm
Área: 107,36 cm²
Ix: 12.453,97 cm⁴
Iy: 6.019,21 cm⁴
Iz: 12.623,40 cm⁴

Material: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Columna de pilares:
Longitud pilar (m): 8,79

Comprobaciones: **Falla**

Resistencia:
ELU desfavorable: 3
Ten. Von Mises (N/mm²): 285,68
Coeficiente Resistencia: 1,09

Pandeo:
ELU desfavorable: 3
β Pandeo plano XY local: 0,51
β Pandeo plano XZ local: 0,50
Coeficiente Pandeo: 1,17

Pandeo lateral:
ELU desfavorable:
β Pandeo lateral: 0,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00

Flacha (no aplicable en pilar):
ELS desfavorable:
Flacha relativa (elástica) (cm):
Tipo de vano:

Flacha activa (cm):
Coeficiente Flacha activa:
Flacha instant. (cm):
Flacha casi-perm (cm):
Coeficiente Flacha casi-permanente:

Flacha activa L: 1/400
Flacha instant. L: 1/350
Flacha casi-perm L: 1/300

Comprobaciones: **Falla**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Peritar Pilar 26.3 (Barras: 26)

Sección: UPN2 320

Nombre de la columna: 26
Nº de pilares: 2
Pilar Actual: 26.3

Propiedades:
Base: 20,00 cm
Altura: 32,00 cm
Área: 156,42 cm²
Ix: 21.153,47 cm⁴
Iy: 9.692,54 cm⁴
Iz: 22.679,06 cm⁴

Material: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
Fyk: 275.000 Fu: 410.000

Columna de pilares:
Longitud pilar (m): 8,79

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Resistencia:
ELU desfavorable: 3
Ten. Von Mises (N/mm²): 191,15
Coeficiente Resistencia: 0,73

Pandeo:
ELU desfavorable: 3
β Pandeo plano XY local: 0,51
β Pandeo plano XZ local: 0,50
Coeficiente Pandeo: 0,77

Pandeo lateral:
ELU desfavorable:
β Pandeo lateral: 0,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00

Flacha (no aplicable en pilar):
ELS desfavorable:
Flacha relativa (elástica) (cm):
Tipo de vano:

Flacha activa (cm):
Coeficiente Flacha activa:
Flacha instant. (cm):
Flacha casi-perm (cm):
Coeficiente Flacha casi-permanente:

Flacha activa L: 1/400
Flacha instant. L: 1/350
Flacha casi-perm L: 1/300

Comprobaciones: **Cumple**

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1.00. En todo caso, se recomienda recalcular y redimensionar el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Tabla | 6.16 – Peritaje pilar

6.3 ANÁLISIS DEFORMACIONES: ELS 01

Para averiguar las deformaciones que se van a producir durante la vida útil del edificio y asegurarnos que estas no superen los límites establecidos por el CTE, se analizan los movimientos que sufren las estructuras en las direcciones principales. Como en nuestro modelo hemos omitido la carga de viento horizontal nos fijamos únicamente en los movimientos producidos en el eje Z.

En las plantas primera y la segunda los desplazamientos más grandes son del orden de 2cm. Estos descensos indican lo que bajan en total los puntos del forjado teniendo en cuenta las deformaciones de toda la estructura, pero si analizamos la flecha de las vigas de estas plantas, podemos observar como esta no llega a 1,5 cm, siendo menor al límite admitido por el DE SE de 1,75 cm (luz forjado de 6,13m/350). Son las viguetas de mayor longitud y las del voladizo las que sufren las flechas de 2cm, por lo que estas deberían reforzarse.

Por otro lado, vemos en la planta tercera que la zona del forjado más cercana a las cerchas sufre una deformación de hasta 3cm que influirá también en la planta de cubierta (Imagen 6.24). Estas deformaciones se deben a la gran flexión que se produce en las grandes cerchas del gimnasio, de hasta 2,7cm.

Dado que la flecha máxima admisible según el DB SE que deben tener estos elementos es de 5,7 cm (luz del forjado de 20m entre 350) las deformaciones de estos elementos no superan el límite admitido.

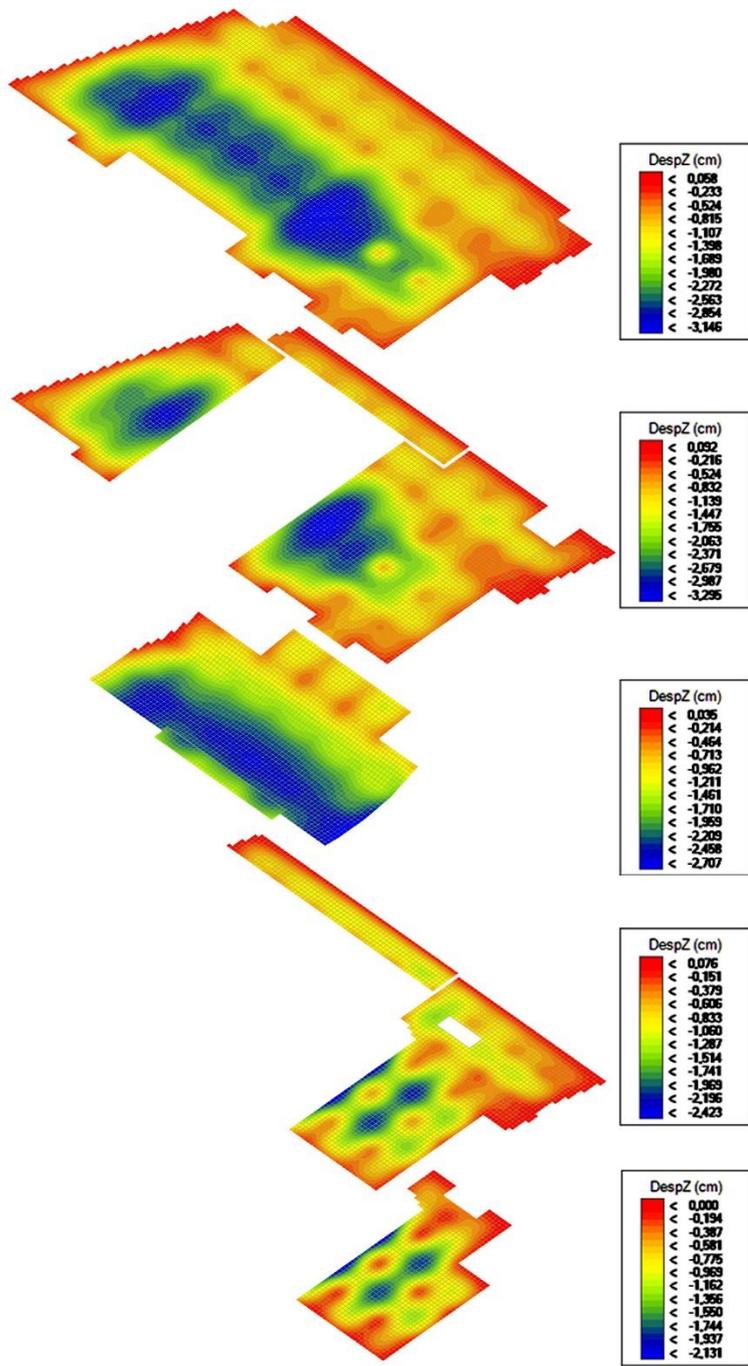


Imagen | 6. 24 – Diagramas Dz por plantas

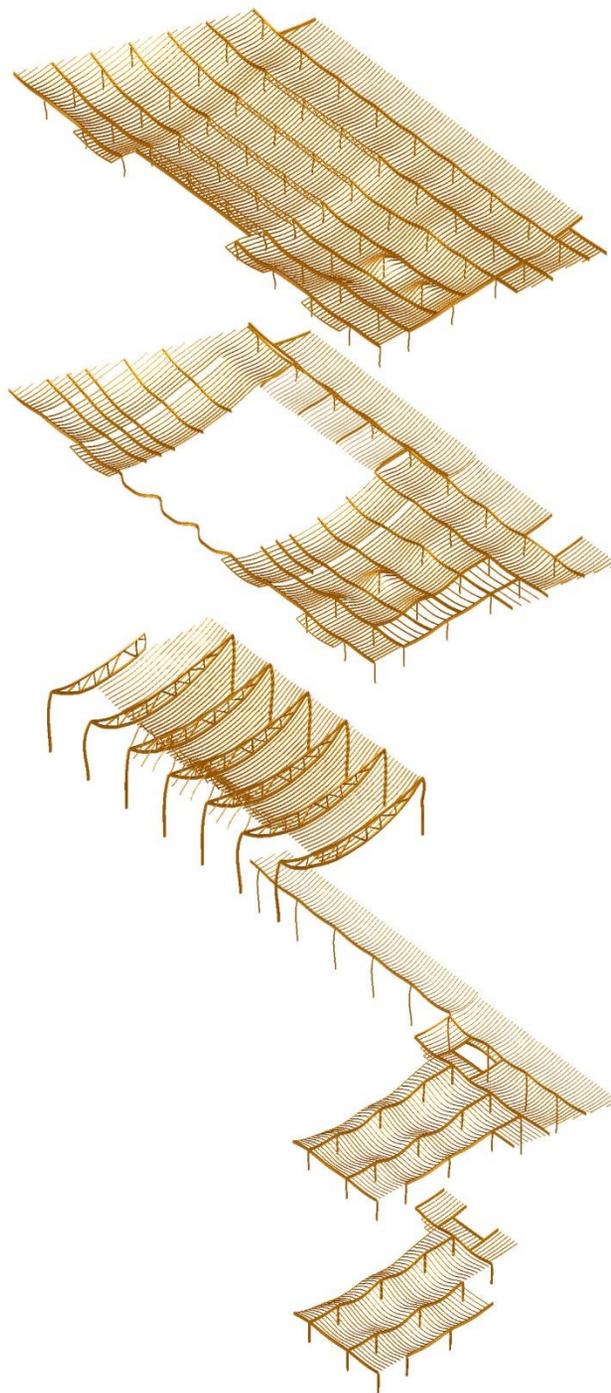


Imagen | 6. 25– Deformadas por plantas

7.0 | CONCLUSIONES

Función y entorno condicionaron desde el principio las decisiones a tomar para el diseño del gimnasio, que terminó articulándose gracias a la elección de la estructura. Se optó por una estructura mixta de hormigón en el sótano y metálica a partir de la cota 0. Como hemos visto, nuestro trabajo se ha centrado en el análisis de esta parte de la estructura, considerando su mayor interés.

La construcción de un gimnasio exigía un espacio diáfano de hasta 20 metros de ancho, por lo que era necesario colocar una estructura que pudiese trabajar con semejantes luces. Alejandro De la Sota decidió no continuar con la estructura de hormigón y pasarse a la metálica porque esta es mucho más ligera y más fácil de construir.

Por tanto, esta estructura se construye con 7 cerchas metálicas denominadas *Bowstring*, cuya característica principal es la forma de arco que poseen. La curiosidad de este gimnasio está en que el arquitecto las coloca del revés, lo que a su vez se debe a dos razones: la primera es la necesidad de recibir una cubierta transitable que debía servir al colegio como patio de recreo de niños; la segunda que, al poseer semejante forma, permitieron al arquitecto introducir entre sus crujías parte del programa de aularios.

La cubierta se convierte en el patio de juegos, es decir, en un forjado con una sobrecarga de uso muy cambiante. Por ello, Alejandro De la Sota recurre a otro tipo de cerchas denominadas *Tipo Warren* que se caracterizan por trabajar idóneamente frente a este tipo de cargas. Estas celosías se colocan sobre las grandes cerchas del gimnasio, de manera que también ayudan a su arriostramiento.

Por último, el resto de forjados están formados por vigas y viguetas metálicas apoyadas sobre pilares metálicos, todos compuestos por perfiles de acero laminado. Entre estas viguetas se encajan unos paneles de material especial para el aislamiento acústico denominado Viroterm, con los que el arquitecto forra tanto los forjados como los paramentos verticales del gimnasio.

Para el análisis de nuestra estructura hemos realizado un modelo, modelizando los paneles como elementos finitos y pilares, vigas, viguetas y celosías como barras. Posteriormente, con la aplicación Architrave les hemos asignado los materiales y dimensiones que les corresponden, según estudio previo de planos y textos originales, y hemos colocado sobre los elementos finitos las cargas que soporta la estructura como cargas superficiales, las cuales han sido calculadas con la ayuda del CTE. Una vez modelizado, se ha pasado al cálculo y dimensionamiento del modelo en la plataforma de Architrave para poder analizar la estructura.

Previamente se han realizado las combinaciones de carga según las fórmulas expuestas en el DB SE-AE, escogiendo más tarde las dos más desfavorables de entre las combinaciones de Estado Límite Últimos y Estados Límite de Servicio.

Con la combinación ELU 01 se ha analizado la estructura a resistencia, analizando los esfuerzos en barras y las tensiones en elementos finitos.

Los momentos y cortantes de las vigas de la primera y segunda planta nos indican que los perfiles asignados se encuentran sometidos a esfuerzos que puede que no soporten. Para comprobarlo se peritan estas barras y se observa que, efectivamente, el perfil no cumple la normativa y por tanto no es válido. Lo mismo ocurre con los pilares de todas las plantas, de los cuales se analizan los esfuerzos axiales y momentos flectores. El problema de todos estos perfiles está en que trabajan a un valor mayor a su capacidad, fallando a resistencia al superar su límite elástico. Por ello es necesario aumentar el área de estos perfiles, asignándoles perfiles superiores o reforzándolos con palastros metálicos, algo que se ha podido ver en alguno de los documentos originales de la obra.

Estudiamos las cerchas, cuyas barras trabajan a tracción y compresión. Su uso es una solución idónea para el reparto de cargas, pues incluso las *Tipo Warren* dimensionadas con perfiles pequeños, son capaces de resistir la gran carga variable de la cubierta. Sin embargo, en los diagramas de esfuerzos de las cerchas *Bowstring* llaman la atención los axiales de los pilares y los del cordón inferior, por lo que se decide peritar estas barras. Estos elementos no son lo suficientemente resistentes para soportar las cargas asignadas, fallando a resistencia, por lo que deberíamos reforzarlos o redimensionarlos aumentando su área para disminuir el coeficiente de resistencia.

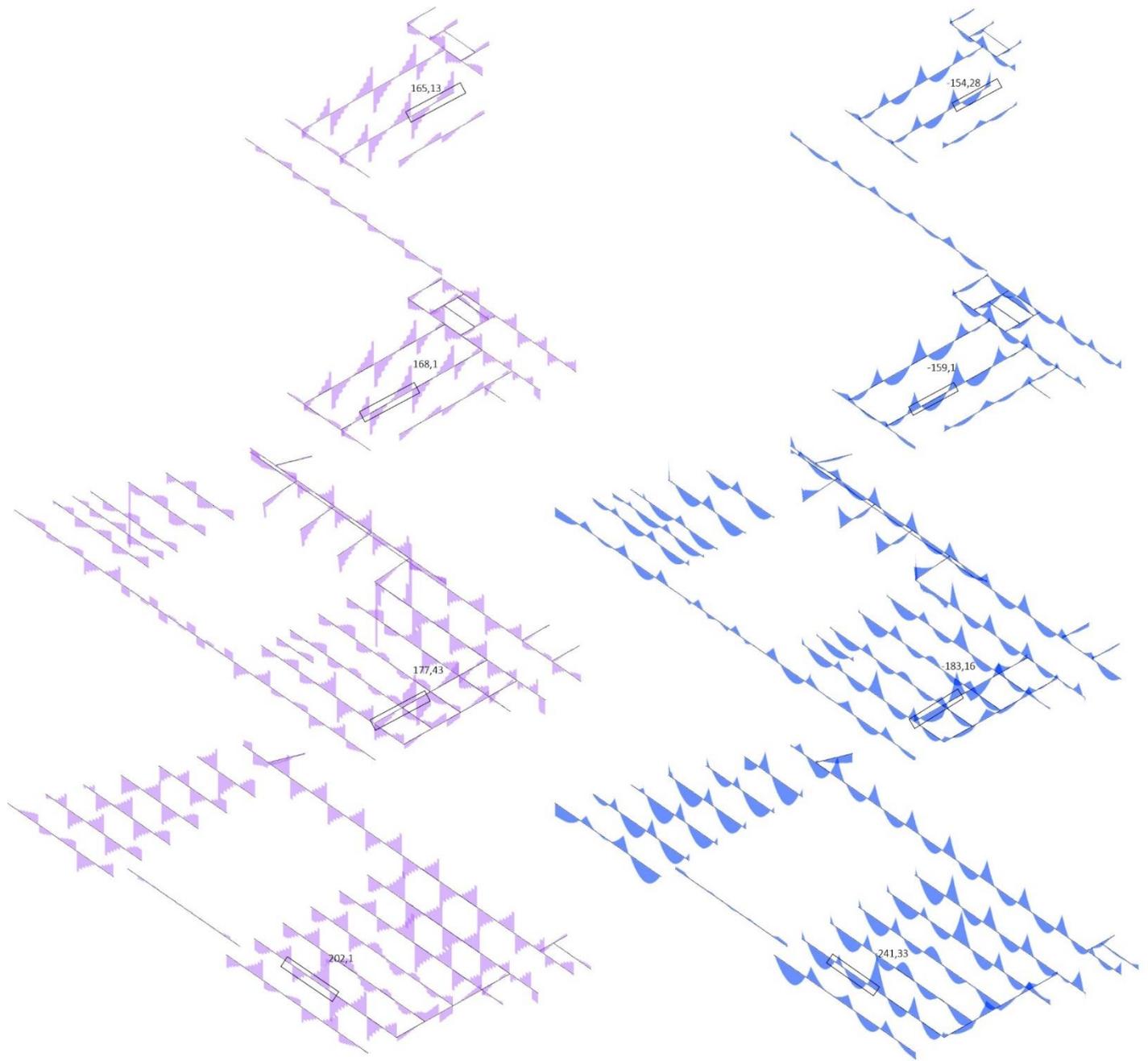


Imagen | 7.1 – Diagramas momentos y cortantes plantas

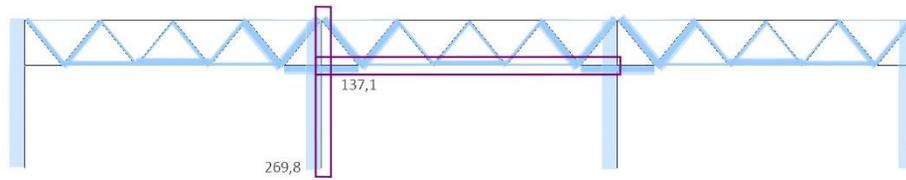
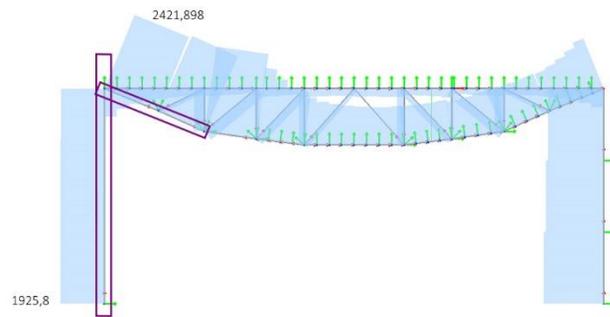
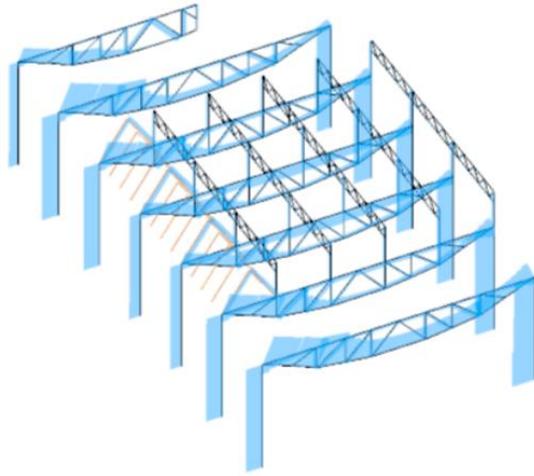


Imagen | 7. 2 – Diagramas axiales cerchas

Si analizamos los pilares observamos que estos poseen axiles y momentos de valores importantes. Los pilares del gimnasio se dimensionaron en la realidad con una combinación de perfiles y chapas metálicas de refuerzo. Pero en la modelización tomamos la decisión de simplificarlos y dimensionarlos con secciones de acero cuya área sea equivalente a la del perfil + la chapa que le acompaña. Es por ello por lo que, cuando analizamos sus sollicitaciones y realizamos el peritaje vemos que las barras fallan tanto a resistencia como a pandeo. Esto se debe a que al realizar la simplificación hemos escogido perfiles cuyas áreas y momentos de inercia son menores a las necesitadas. Por ello proponemos un aumento de perfiles, comprobando mediante el peritaje que es suficiente para disminuir los coeficientes de resistencia y pandeo.

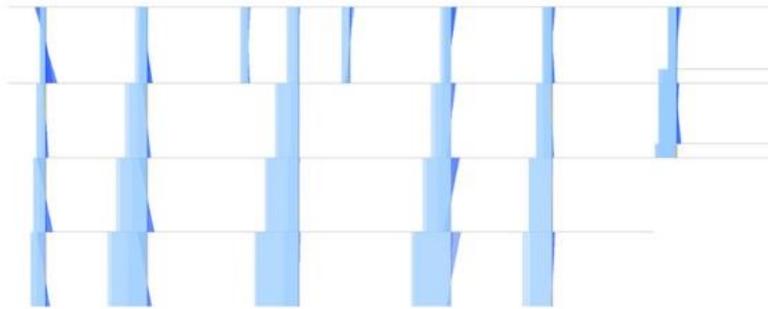


Imagen | 7. 3 – Diagramas axiles pilares

Al analizar la combinación ELS 01 para estudiar las deformaciones, comprobamos los movimientos verticales.

Analizando las plantas, podemos observar como los desplazamientos más significativos llegan hasta los 3cm de descenso, dándose en las zonas más cercanas a los voladizos de los forjados. Estos desplazamientos se producen por la flexión de vigas y cerchas y por pandeo de pilares al no encontrarse bien dimensionados. Los valores son superiores a los permitidos por la normativa, pues al ser la luz de los forjados de 6,13 m la deformación máxima debe ser de 1,75 cm ($613 / 350$). Para solucionarlo, debemos aumentar la inercia de las barras que provocan estas deformaciones, que es la misma conclusión que habíamos obtenido del análisis de resistencia, mucho más comprometido.

Cuando decimos que las barras no cumplen hay que tener en cuenta que el análisis se ha realizado sobre unas hipótesis de geometría, cargas, condiciones de contorno, etc. consideradas que se aproximan a la realidad. Bajo estos datos no se cumplen todos los requisitos de seguridad, pero se puede concluir que la elección de la estructura es lógica por varias razones:

1. Las grandes luces cubiertas por cerchas crean el espacio diáfano deseado, y la combinación de los dos tipos de cerchas permiten sujetar una cubierta transitable de considerable sobrecarga de uso.
2. Los paneles *Viroterm*, además de producir un considerable aislamiento acústico, funcionan como un entrevigado perfecto ya que generan un área de reparto que distribuyen las tensiones a los elementos principales.

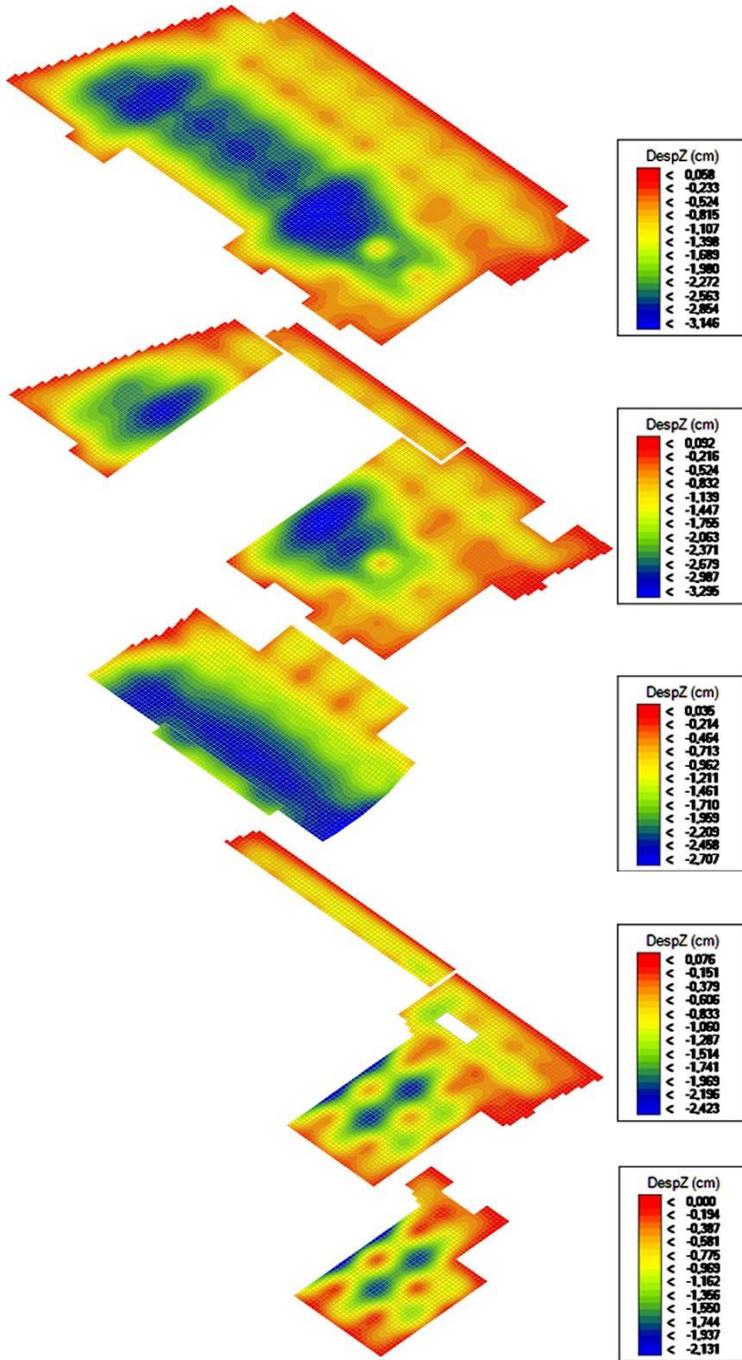


Imagen | 7. 4 – Diagramas desplazamientos Dz

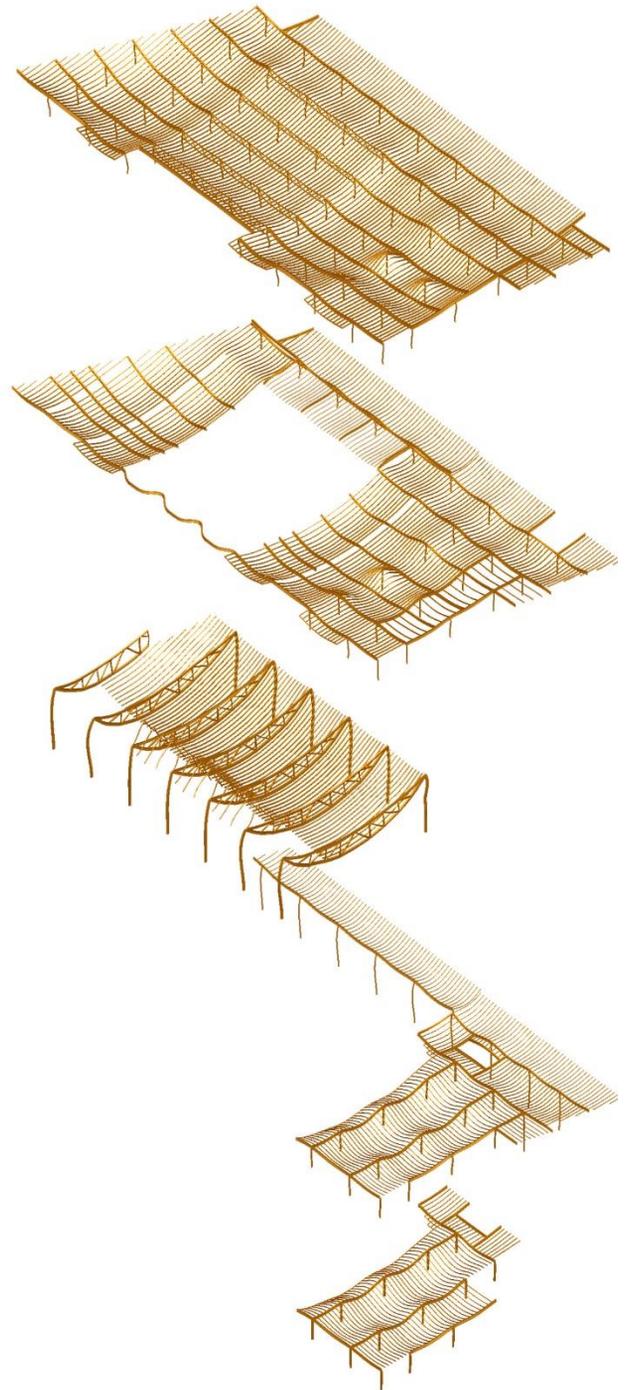


Imagen | 7. 5 – Deformada por plantas

8.0 | BIBLIOGRAFÍA

8.1 | BIBLIOGRAFÍA DOCUMENTAL

8.1.1 | Libros

Baldellau, M.A.(1975). Alejandro De la Sota. Servicio de Publicaciones del MEC

Bravo Remis, R. (2000). Una introducción a la arquitectura, Alejandro de la Sota y la arquitectónica realidad de algunos materiales y sistemas industriales (1956-1984). Sevilla: Universidad de Sevilla, Servicio de Publicaciones.

Burgos, A. (2011). Modernidad atemporal con Alejandro de la Sota. Valencia: General de Ediciones de Arquitectura.

Couceiro Núñez, o. (2015). Pioneros de la arquitectura moderna Española. Valencia: General de ediciones de Arquitectura.

Monfort Lleonart, J. (2011). Estructuras metálicas para edificación. [Valencia]: Editorial Universitat Politècnica de València.

Rodríguez Cheda, J. (1994). Alejandro de la Sota. Santiago de Compostela: COAG.

Sota, A. (1997). Alejandro de la Sota. Madrid: Pronaos.

Sota, A. (2008). Escritos, conversaciones, conferencias. Madrid: Gustavo Gili.

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

8.1.2 | Páginas Web

Alejandro de la Sota | Alejandro de la sota. (2017). Alejandrodelasota.org.

<http://www.alejandrodelaSota.org/fundacion/alejandro-de-la-sota/>

Alejandro de la Sota. Arquitectura. Biografía y obras en España es cultura.

(2017). Xn--espaescultura-tnb.es.

[http://www.xn--espaescultura-](http://www.xn--espaescultura-tnb.es/es/artistas_creadores/alejandro_de_la_sota.html)

[tnb.es/es/artistas_creadores/alejandro_de_la_sota.html](http://www.xn--espaescultura-tnb.es/es/artistas_creadores/alejandro_de_la_sota.html)

Architect_Alejandro De La Sota. (2017). Pinterest.

https://es.pinterest.com/yshqsh/architect_alejandro-de-la-sota/?lp=true

Architrave. (2017). Architrave.es.

<http://www.architrave.es/producto/manual/2011-1/>

ARMADURAS Y CERCHAS. (2017). prezi.com.

<https://prezi.com/cwxmzsabm4va/armaduras-y-cerchas/>

Arquitectura franquista. (2017). Arteespana.com.

<http://www.arteespana.com/arquitecturafranquista.htm>

barina, a., barina, a., & Barina, A. (2017). TÉCHNE. Texnh.tumblr.com.

<http://texnh.tumblr.com/tagged/Alejandro-de-la-Sota>

Biografia de Alejandro de la Sota. (2017). Biografiasyvidas.com.

<https://www.biografiasyvidas.com/biografia/s/sota.htm>

Cite a Website - Cite This For Me. (2017). Historiaespana.es.

<https://historiaespana.es/edad-contemporanea/guerra-civil-espanola>

Clásicos de Arquitectura: Gimnasio Maravillas / Alejandro de la Sota. (2017).
Plataforma Arquitectura.

<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-180526/clasicos-de-arquitectura-gimnasio-maravillas-fernando-de-la-sota>

Ejemplos ejemplares | El gimnasio Maravillas | Arquine. (2017). Arquine.com.

<http://www.arquine.com/ejemplos-ejemplares-el-gimnasio-del-colegio-maravillas/>

GATEPAC (2017). Arteespana.com.

<http://www.arteespana.com/gatepac.htm>

Gimnasio del Colegio Maravillas por Alejandro de la Sota | METALOCUS. (2017). Metalocus.es.

<https://www.metalocus.es/es/noticias/gimnasio-del-colegio-maravillas-por-alejandro-de-la-sota>

Gimnasio Maravillas - Ficha, Fotos y Planos - WikiArquitectura. (2017).
WikiArquitectura.

<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/gimnasio-maravillas/>

GIMNASIO MARAVILLAS «Blog de Santiago Fajardo. (2017).
Blog.santiagofajardo.com.

<http://blog.santiagofajardo.com/2017/03/gimnasio-maravillas/>

Gimnasio Maravillas (1961). (2017). Proyectos de Estructuras Grupo 14.

<https://g14pe0809.wordpress.com/proyecto/alejandro-de-la-sota/gimnasio-maravillasmadrid/>

Sota, Alejandro de la (1913-1996). MCNBiografias.com. (2017).

<http://www.mcnbiografias.com/app-bio/do/show?key=sota-alejandro-de-la>

8.1.3 | Otros

Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de Seguridad Estructural – Acciones en la edificación (DB SE – AE). 2009. Ministerio de fomento, Gobierno de España

Programa informático de cálculo y análisis estructural Architrave ©.
Universitat Politècnica de Valencia. www.architrave.es

8.2 | REFERENCIAS FOTOGRÁFICAS

3.0 | EL ARQUITECTO

Imagen | 3.1: Alejandro De la Sota

Rodríguez Cheda, J. (1994). Alejandro de la Sota. Santiago de Compostela: COAG

Imagen | 3.2: Valle de los caídos, Madrid

<https://travel.rambler.ru/guide/europe/spain/poi/83451/>

Imagen | 3.3: Arco de la Victoria, Madrid

<http://www.arteespana.com/arquitecturafranquista.htm>

Imagen | 3.4: Pueblo de Vegaviana, Cáceres

Imagen | 3.5: Iglesia del Teologado de San Pedro Mártir

<http://www.aacadigital.com/contenido.php?idarticulo=326>

Imagen | 3.6: Boceto de Alejandro De la Sota de la casa consistorial

Imagen | 3.7: Esquemas y fotografía Gobierno Civil de Tarragona

Sota, A. (1997). Alejandro de la Sota. Madrid: Pronaos

Imagen | 3.8: Muros granito de los laboratorios Misión Biológica

Imagen | 3.9: Vista interior de la escalera de los laboratorios Misión Biológica

<https://es3esunblog.blogspot.com.es/2013/10/mision-biologica-en-salcedo-un.html>

Imagen | 3.10: Vista volumen residencia Miraflores

Imagen | 3.11: Vista interior residencia Miraflores

<http://artchist.blogspot.com.es/2017/04/residencia-infantil-de-verano.html>

Imagen | 3.12: Vista interior Universidad de Sevilla

Imagen | 3.13: Patio interior de la Universidad de Sevilla

<http://archivo.alejandrodelasota.org/es/original/project/21>

4.0 | LA OBRA

Imagen | 4.1: Exterior fachada principal Gimnasio Maravillas

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

Imagen | 4.2: Boceto explicativo accesos Gimnasio Maravillas

Elaboración propia

Imagen | 4.3: Solar del colegio Nuestra Señora de las Maravillas, Madrid

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

Imagen | 4.4: Fachada principal Gimnasio Maravillas

<https://www.metalocus.es/es/noticias/gimnasio-del-colegio-maravillas-por-alejandro-de-la-sota>

Imagen | 4.5: Coronación fachada principal Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.6: Interior Gimnasio Maravillas

http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-180526/clasicos-de-arquitectura-gimnasio-maravillas-fernando-de-la-sota/08-lucernario_miradores_valla-del-patio-de-cubierta

Imagen | 4.7: Plano planta sótano Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.8: Plano planta baja Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.9: Plano planta primera Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.10: Plano planta segunda Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.11: Plano planta tercera Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.12: Plano cubierta Gimnasio Maravillas

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota. + Elaboración propia

Imagen | 4.13: Esquema sección a mano alzada de Alejandro De la Sota

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

Imagen | 4.14: Esquema cerchas

Elaboración propia

Imagen | 4.15: Vista cerchas Bowstring

<https://www.metalocus.es/es/noticias/gimnasio-del-colegio-maravillas-por-alejandro-de-la-sota>

Imagen | 4.16: Vista cerchas Warren

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

Imagen | 4.17: Vista interior pabellón

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

Imagen | 4.18: Paneles Viroterm

Imagen | 4.19: Miradores fachada principal

<https://www.metalocus.es/es/noticias/gimnasio-del-colegio-maravillas-por-alejandro-de-la-sota>

Imagen | 4.20: Graderío Gimnasio Maravillas

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

Imagen | 4.21: Graderío Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.22: Escalera sótano Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.23: Encuentro de barras en Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.24: Detalle cerchas Gimnasio Maravillas

<https://www.metalocus.es/es/noticias/gimnasio-del-colegio-maravillas-por-alejandro-de-la-sota>

Imagen | 4.25: Patio de juegos en cubierta del Gimnasio Maravillas

<http://www.arquine.com/ejemplos-ejemplares-el-gimnasio-del-colegio-maravillas/>

Imagen | 4.26: Rejas del patio de juegos del Gimnasio Maravillas

Imagen | 4.27: Cerchas Bowstring en la obra

Imagen | 4.28: Cerchas Bowstring en la obra

Imagen | 4.29: Alejandro De la Sota en la obra del Gimnasio Maravillas

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

5.0 | EL MODELO

IMÁGENES

Imagen | 5.1: Plano de estructura cubierta

Imagen | 5.2: Modelo en líneas y barras 3D planta cubierta

Imagen | 5.3: Plano de estructura planta tercera

Imagen | 5.4: Modelo en líneas y barras 3D planta tercera

Imagen | 5.5: Plano de estructura planta segunda

Imagen | 5.6: Modelo en líneas y barras 3D planta segunda

Imagen | 5.7: Plano de estructura planta primera

Imagen | 5.8: Modelo en líneas y barras 3D planta primera

Elaboración propia con ayuda de los programas AutoCad y Architrave

Imagen | 5.9: Dibujo original cerchas Warren

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

Imagen | 5.10: Plano perfiles cerchas Warren

Elaboración propia

Imagen | 5.11: Dibujo original cerchas Bowstring

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

Imagen | 5.12: Plano perfiles cerchas Bowstring

Elaboración propia

Imagen | 5.13: Modelo cerchas + lucernario

Imagen | 5.14: Modelo en línea y sólido plantas

Elaboración propia con ayuda de los programas AutoCad y Architrave

Imagen | 5.15: Vista interior gimnasio modelo Architrave

Elaboración propia con ayuda de Architrave

Imagen | 5.16: Vista interior gimnasio foto original

<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/gimnasio-maravillas/>

Imagen | 5.17: Vista interior gimnasio modelo Architrave

Elaboración propia con ayuda de Architrave

Imagen | 5.18: Vista interior gimnasio foto original

<https://www.metalocus.es/es/noticias/gimnasio-del-colegio-maravillas-por-alejandro-de-la-sota>

Imagen | 5.19: Vista lucernario modelo Architrave

Elaboración propia con ayuda de Architrave

Imagen | 5.20: Vista lucernario foto original

<https://www.metalocus.es/es/noticias/gimnasio-del-colegio-maravillas-por-alejandro-de-la-sota>

Imagen | 5.21: Vista cerchas interior aulas modelo Architrave

Elaboración propia con ayuda de Architrave

Imagen | 5.22: Vista cerchas interior aulas foto original

Sota, A., y Couceiro, T. (2007). Gimnasio maravillas. Madrid: Fundación Alejandro de la Sota.

TABLAS

Tabla | 5.1: Tabla 3.1 DB SE AE: Valores característicos sobrecarga de uso

Tabla | 5.2: Tabla 3.5 DB SE AE: Coeficientes eólicos en edificio de pisos

Tabla | 5.3: Tabla 3.8 DB SE AE: Sobrecarga de nieve en capitales de provincias y ciudades autónomas

Tabla | 5.4: Tabla 4.1 DB SE AE: Coeficientes parciales de seguridad para acciones

Tabla | 5.5: Tabla 4.2 DB SE AE: Coeficientes de simultaneidad

Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural. (2009)

6.0 | ANÁLISIS Y RESULTADOS

IMÁGENES

Imágenes de elaboración propia mediante el programa Architrave

Imagen | 6.1: Cortantes planta primera

Imagen | 6.2: Momentos planta primera

Imagen | 6.3: Cortantes planta segunda

Imagen | 6.4: Momentos planta segunda

Imagen | 6.5: Cortantes planta tercera

Imagen | 6.6: Momentos planta tercera

Imagen | 6.7: Cortantes cubierta

Imagen | 6.8: Momentos cubierta

Imagen | 6.9: Diagrama Sx planta primera

Imagen | 6.10: Diagrama Sy planta primera

Imagen | 6.11: Diagrama Sx planta segunda

Imagen | 6.12: Diagrama Sy planta segunda

Imagen | 6.13: Diagrama Sx planta tercera

Imagen | 6.14: Diagrama Sy planta tercera

Imagen | 6.15: Diagrama Sx cubierta

Imagen | 6.16: Diagrama Sy cubierta

Imagen | 6.17: Cortantes y momentos viguetas por plantas

Imagen | 6.18: Axiles y momentos pilares estructura completa

Imagen | 6.19: Axiles y momentos pilares por plantas

Imagen | 6.20: Axiles estructura cerchas completa

Imagen | 6.21: Axiles estructura cerchas Warren

Imagen | 6.22: Axiles estructura cerchas Bowstring

Imagen | 6.23: Axiles estructura cerchas Bowstring y perfiles lucernario

Imagen | 6.24: Diagramas Dz por plantas

Imagen | 6.25: Deformaciones por plantas

TABLAS

Tablas de elaboración propia mediante el programa Architrave

Tabla | 6.1: Combinaciones de Hipótesis ELU

Tabla | 6.2: Combinaciones de Hipótesis ELS

Tabla | 6.3: Peritaje viga planta primera

Tabla | 6.4: Peritaje viga planta segunda

Tabla | 6.5: Peritaje viga planta tercera

Tabla | 6.6: Peritaje viga cubierta

Tabla | 6.7: Peritaje vigueta cubierta

Tabla | 6.8: Peritaje vigueta planta primera

Tabla | 6.9: Peritaje pilar planta baja

Tabla | 6.10: Peritaje pilar planta primera

Tabla | 6.11: Peritaje pilar planta segunda

Tabla | 6.12: Peritaje pilar planta tercera

Tabla | 6.13: Peritaje cordón cercha Warren

Tabla | 6.14: Peritaje pilar cercha Warren

Tabla | 6.15: Peritaje cordón inferior cercha Bowstring

Tabla | 6.16: Peritaje pilar cercha Bowstring

7.0 | CONCLUSIONES

IMÁGENES

Imágenes de elaboración propia mediante el programa Architrave

Imagen | 7.1: Diagramas momentos y cortantes por plantas

Imagen | 7.2: Diagramas axiles cerchas

Imagen | 7.3: Diagramas axiles pilares

Imagen | 7.4: Diagramas desplazamientos Dz

Imagen | 7.5: Deformada por plantas