



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**



ANEJO Nº 04 – ESTUDIO DE SOLUCIONES

Proyecto básico y estructural de piscina cubierta y aparcamiento subterráneo en AV/ Augusta. Jávea (Alicante)

Grado en Ingeniería Civil

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. CONDICIONANTES FIJOS.....	3
3. ESTUDIO DE SOLUCIONES DEL APARCAMIENTO	3
3.1. SOLUCIÓN 1 DEL APARCAMIENTO.....	4
3.2. SOLUCIÓN 2 DEL APARCAMIENTO	6
3.3. SOLUCIÓN ADOPTADA DEL APARCAMIENTO	8
4. ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA DISTRIBUCIÓN INTERIOR DEL EDIFICIO	15
4.1. ALTERNATIVA 1 DE LA DISTRIBUCIÓN INTERIOR.....	16
4.2. ALTERNATIVA 2 DE LA DISTRIBUCIÓN INTERIOR.....	18
4.3. ALTERNATIVA ADOPTADA DE LA DISTRIBUCIÓN INTERIOR.....	20
5. ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA ESTRUCTURA	28
5.1. ALTERNATIVA 1 DE LA ESTRUCTURA	28
5.2. ALTERNATIVA 2 DE LA ESTRUCTURA	31
5.3. ALTERNATIVA ADOPTADA DE LA ESTRUCTURA	35

1. Objetivo

El presente proyecto muestra flexibilidad para realizarse de diversas maneras con diferentes soluciones. Hay aspectos del mismo que pueden resolverse de múltiples formas tales como la planificación del aparcamiento, la geometría de la estructura, el graderío, materiales empleados, etc. En el presente documento se han analizado las diversas soluciones que se han dado a algunas partes del proyecto fijando unas condiciones básicas y necesarias que han de cumplirse para que el proyecto sea apto para su uso. Aspectos como el tipo de terreno, normativa aplicable vigente y ubicación son pilares en los cuales se fundamenta la solución idónea.

2. Condicionantes fijos

Se han fijado unas condiciones iniciales en el anejo de Características Básicas del Proyecto, las cuales son inamovibles para lograr el cumplimiento de la normativa de la Real Federación Española de Natación para que la piscina proyectada sea apta para albergar Campeonatos Nacionales. Esta norma oficial destaca, para obtener el certificado de vaso de natación N6, la creación de un vaso de piscina de dimensiones:

- 50 (largo) x 21 (ancho) m.
- profundidad mínima de 1,80 m (2,00 m recomendada)
- profundidad máxima de 2,50 m
- 8 calles
- Ancho de las calles: 2,50 m
- 2 bandas exteriores de 0,50 m

En este proyecto se ha determinado un vaso de piscina de dimensiones 50 x 21 m con una profundidad constante de 2,50 m y un total de 8 calles de 2,50 m dejando a los laterales exteriores 2 bandas de 0,50 m cada una. De esta manera se consigue un vaso de piscina que se ajusta a la norma de la Real Federación Española de Natación que la convierte en apta para albergar competiciones nacionales de natación, waterpolo y competiciones de larga distancia.

Además de poder albergar competiciones nacionales oficiales, también se idea el proyecto con la intención de dar servicio diario a la población del municipio y alrededores. De hecho, en el estudio de demanda se hace referencia a un llamamiento vecinal presente entre la población de Javea hacia los partidos políticos locales en el que se demanda la construcción de una piscina climatizada en el municipio con el fin de poder practicar natación, crear escuelas de natación y organizar campeonatos, siendo así de interés general tanto para la población local como para los habitantes de poblaciones y ciudades de alrededores. Por ello se ha diseñado y se han impuesto condiciones de espacio con el objetivo de poder dotar al complejo de los servicios necesarios para satisfacer la demanda vecinal y cumplir la normativa.

En cuanto a la parcela, se proyecta la planta baja a cota +3,00, 0,90 metros por encima de la cota de calle. El motivo de ello es que la parcela se encuentra en zona de posible inundación en épocas de tormenta pues todas las aguas van a parar al canal pasando por la parcela empleada. Ello unido a la cercanía del nivel freático a la superficie hizo que se tomase la medida de elevar toda la parcela hasta la cota +3,00 para evitar riesgos de inundación, principalmente por los accesos rodados del aparcamiento.

3. Estudio de soluciones del aparcamiento

Tras estudiarse la normativa técnica vigente de aplicación al proyecto objeto de estudio, se concretan las dimensiones de espacios y equipamiento necesarios para la realización del presente proyecto. Inicialmente, tras recabar información geotécnica de la parcela, conocer en primera persona la zona donde se ubica la parcela, realizar un estudio de construcciones similares en la provincia de Alicante y obtener una idea global de la construcción que se quiere llevar a cabo, se inicia el diseño de la construcción. Se sabe que la superestructura ha de albergar una piscina olímpica climatizada de dimensiones determinadas, muy demandada entre la población local. Obviamente, si se pretende organizar campeonatos nacionales de natación organizados por la Real Federación Española de Natación, será necesaria la creación de un graderío con capacidad suficiente para los visitantes que deseen acudir a dichas competiciones y un número mínimo de vestuarios, tanto para participantes como para árbitros y demás figuras oficiales. Ante la demanda vecinal de un espacio deportivo donde poder practicar deporte en Javea, se decide crear dentro del edificio un espacio en la 1ª planta destinado a gimnasio y ejercicio aeróbico, además de estar disponible la piscina climatizada para toda la población excepto en fechas de celebración de campeonatos oficiales. Aprovechando el espacio exterior y las necesidades de la población, se decide crear una pista de fútbol sala compartida con 2 pistas de baloncesto transversales.



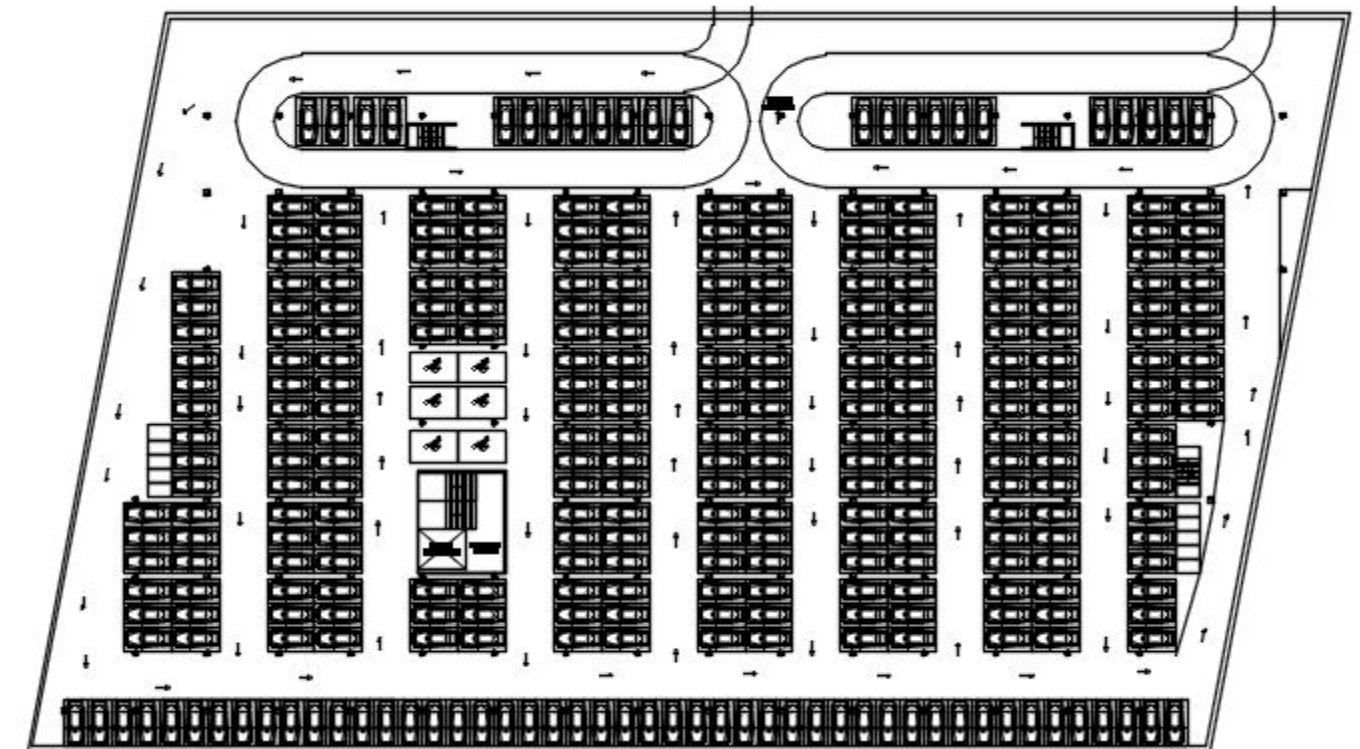
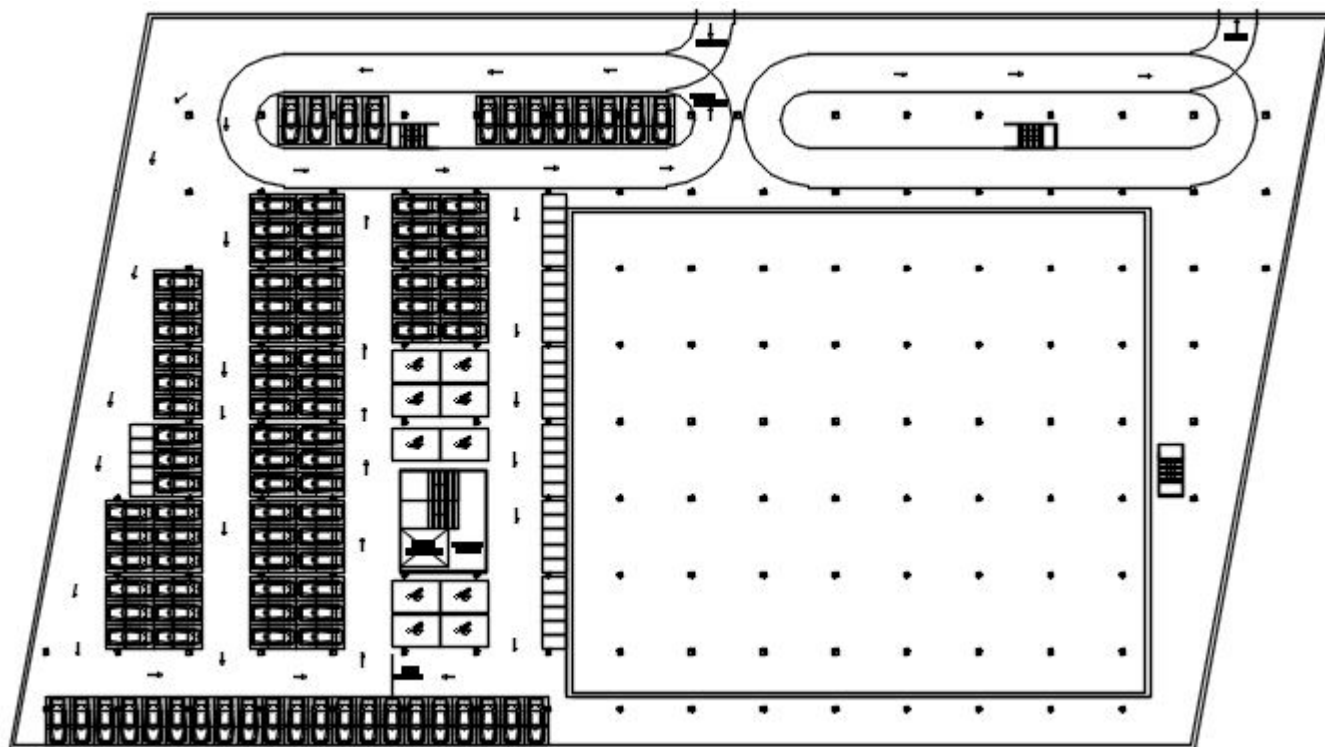
Para poder dar servicio a los usuarios del complejo deportivo, además de los visitantes y vecinos, se antoja necesario la construcción de un aparcamiento subterráneo en la parcela escogida. Dada la capacidad de personas en el graderío, la afluencia de personas que se espera que acudan, la geometría de la parcela y la información geotécnica del terreno, se decide construir 2 plantas subterráneas de aparcamiento bajo la

parcela. Por las dimensiones del vaso de la piscina olímpica, gran parte de la superficie de la planta -1 de aparcamiento queda inutilizada como estacionamiento, no así como espacio de mantenimiento. Por ello se antoja necesario la construcción de una segunda planta donde poder acoger un número mayor de vehículos y motocicletas. Toda vez revisada la normativa vigente que exige un número mínimo de plazas de aparcamiento en función de los usuarios del recinto, así como la norma de accesibilidad para personas discapacitadas y normativa de accesos al mismo, queda asegurado su cumplimiento en todas las variantes que se han planteado.

En este apartado se analizan 3 posibles soluciones de la distribución del aparcamiento subterráneo del edificio, con el objetivo de hallar la solución óptima que cumpla la normativa y satisfaga la demanda de aparcamiento de los usuarios del complejo deportivo y vecinos.

3.1. Solución 1 del aparcamiento

En esta primera alternativa que se plantea como posible organización del aparcamiento, tanto en planta -1 como en planta -2, se pensó en colocar los accesos de vehículos por la fachada Este (principal). Concretamente por el alzado que da a la Avenida Augusta pues se considera más recomendable por motivos de espacio que los vehículos accedan y salgan por una calle más amplia. Además, por motivos de espacio en el aparcamiento se pensó que esta sería la mejor ubicación de las rampas de acceso y salida pues, como se ha comentado anteriormente, el vaso de la piscina nos delimita en cierta medida los espacios y las posibilidades de distribución. En este caso se ha escogido la opción de que la estructura perimetral, realizada con muros pantalla de hormigón armado, mantenga la geometría de la parcela estando los 2 laterales de menor longitud inclinados 11º dirección SURESTE respecto a los laterales de mayor longitud.



Como puede verse en la imagen, el acceso al aparcamiento se realiza por el centro de la calle, en perpendicular a la fachada principal del edificio. Con un giro a derechas se desciende desde la cota +3.00 en la que se encuentra la edificación hasta la cota -0.50 en la que se encuentra la planta de aparcamiento -1. Justo debajo de esa misma rampa, se aprovecha el hueco y se coloca la rampa que desciende de la planta -1 a la planta -2. Para la salida del aparcamiento, se ha aprovechado el mismo hueco de rampa para subir de la planta -2 a la planta -1 y para salir de planta -1 a la superficie, al final de la Avenida Augusta.

Por lo que respecta a la capacidad de vehículos, en planta -1 se dispone de 108 plazas de coches, de las cuales 10 son habilitadas para minusválidos, y 35 plazas de motocicleta. En la planta -2 se dispone de 315 plazas de aparcamiento para coches, de las cuales 6 de ellas son aptas para minusválidos, y 10 plazas de aparcamiento para motocicletas. En ambas plantas se ha intentado ubicar las plazas de aparcamiento de los minusválidos lo más próximas al vestíbulo donde se encuentran las escaleras y el ascensor de acceso al edificio.

Tanto entre el forjado de superficie con el forjado de la planta -1, como entre el forjado de la planta -1 con la planta -2, la distancia que se ha mantenido en todas las alternativas entre forjados de la subestructura es de 3.5 m entre caras superiores de forjado.

Tras revisar la normativa de aparcamientos, accesibilidad y seguridad en caso de incendio, todos los elementos que conforman las 2 plantas de aparcamiento están sujetos al cumplimiento de dichas normativas. Tanto la anchura de los viales de circulación, como las dimensiones de las plazas de aparcamiento de coches, motos y minusválidos y las escaleras de evacuación, así como la pendiente, radios de giro y anchura de las rampas de rodadura están dentro del cumplimiento de la normativa correspondiente. Las dimensiones de las plazas de automóviles cumplen con las dimensiones mínimas indicadas en la Ordenanza Reguladora de las Condiciones Funcionales de Aparcamientos de Valencia

publicada en el BOP 245 de 15-X-94, la cual marca un mínimo de 2,20x4,50 m. Tal y como indica la norma CTE, en su apartado 1.2.3 del punto 9 (Accesibilidad), en un edificio como el proyectado de pública concurrencia con aparcamiento público, es obligatorio 1 plaza de aparcamiento accesible (de dimensiones 3,30x4,50 m, tal y como indica la Ordenanza Reguladora de las Condiciones Funcionales de Aparcamientos) por cada 33 plazas de aparcamiento. Por lo tanto, se requiere un mínimo de 13 plazas de aparcamiento accesibles, y en el proyecto objeto de estudio se ha considerado habilitar 16 plazas de aparcamiento accesibles distribuidas en las 2 plantas y próximas al vestíbulo de acceso accesible, todo ello debidamente señalizado. En el caso de las motocicletas, se ha considerado habilitar 45 plazas de motocicletas repartidas en las 2 plantas, todas ellas de dimensiones 1,50x2,50 m.

En lo que respecta a las calles de circulación, la Ordenanza reguladora indica que las dimensiones mínimas variarán en función del ángulo que forma el eje longitudinal de la plaza de aparcamiento con el eje de la calle de circulación (tal y como se muestra en el esquema de la imagen):

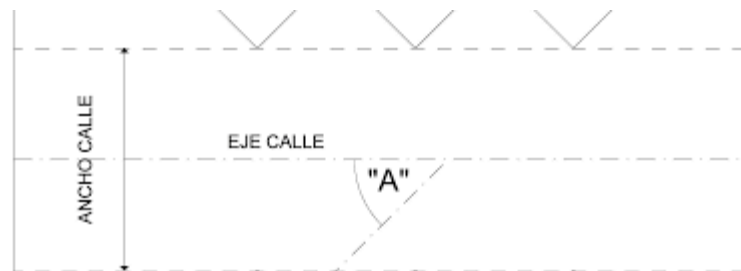


Imagen 1. Esquema de ancho de calle en función del ángulo "A" de aparcamiento. Fuente: Ordenanza Reguladora.

En el caso del proyecto objeto de estudio, ese ángulo "A" forma 90º en todas las plazas de aparcamiento de ambas plantas excepto en la última fila de plazas en el lateral izquierdo donde forma un ángulo de 80º, para lo que la ordenanza indica coger el ángulo inmediatamente superior, es decir, 90º. Por lo tanto, el ancho mínimo de las calles de circulación es de 5,00 m, independientemente sea de único sentido o doble sentido de circulación. En el caso del proyecto objeto de estudio, dichas calles son de 5,00 m. sin contar el espacio ocupado por el itinerario accesible, por lo que las calles de circulación sólo podrían ser de un único sentido, complicando así la circulación por el aparcamiento.

Para la circulación entre plantas, la Ordenanza Reguladora mencionada indica que para un aparcamiento que contiene entre 51 y 600 plazas, se dispondrá de 2 rampas de sentido único de 3,00 m. de ancho mínimo o una rampa de doble sentido de 6,00 m. En el caso del proyecto objeto de estudio, se decide por la construcción de 2 rampas independientes de 4,00m. en cada sentido de circulación. Por lo tanto, se encuentra dentro de la legalidad marcada por la Ordenanza reguladora vigente.

En relación a las pendientes de las rampas de circulación del aparcamiento, tanto en las de acceso desde superficie como las de comunicación entre plantas, la ordenanza reguladora vigente marca una pendiente máxima del 16 por ciento para rampas rectas y 12 por ciento para rampas curvas, medida por la línea media. Como en el aparcamiento objeto de estudio no está prevista la entrada de camiones ni autobuses, la pendiente tomada ha sido 10 por ciento, encontrándose dentro de los valores marcados por la norma. En las calles de circulación y zonas de aparcamiento se dispone de una pendiente del 1 por ciento, encontrándose

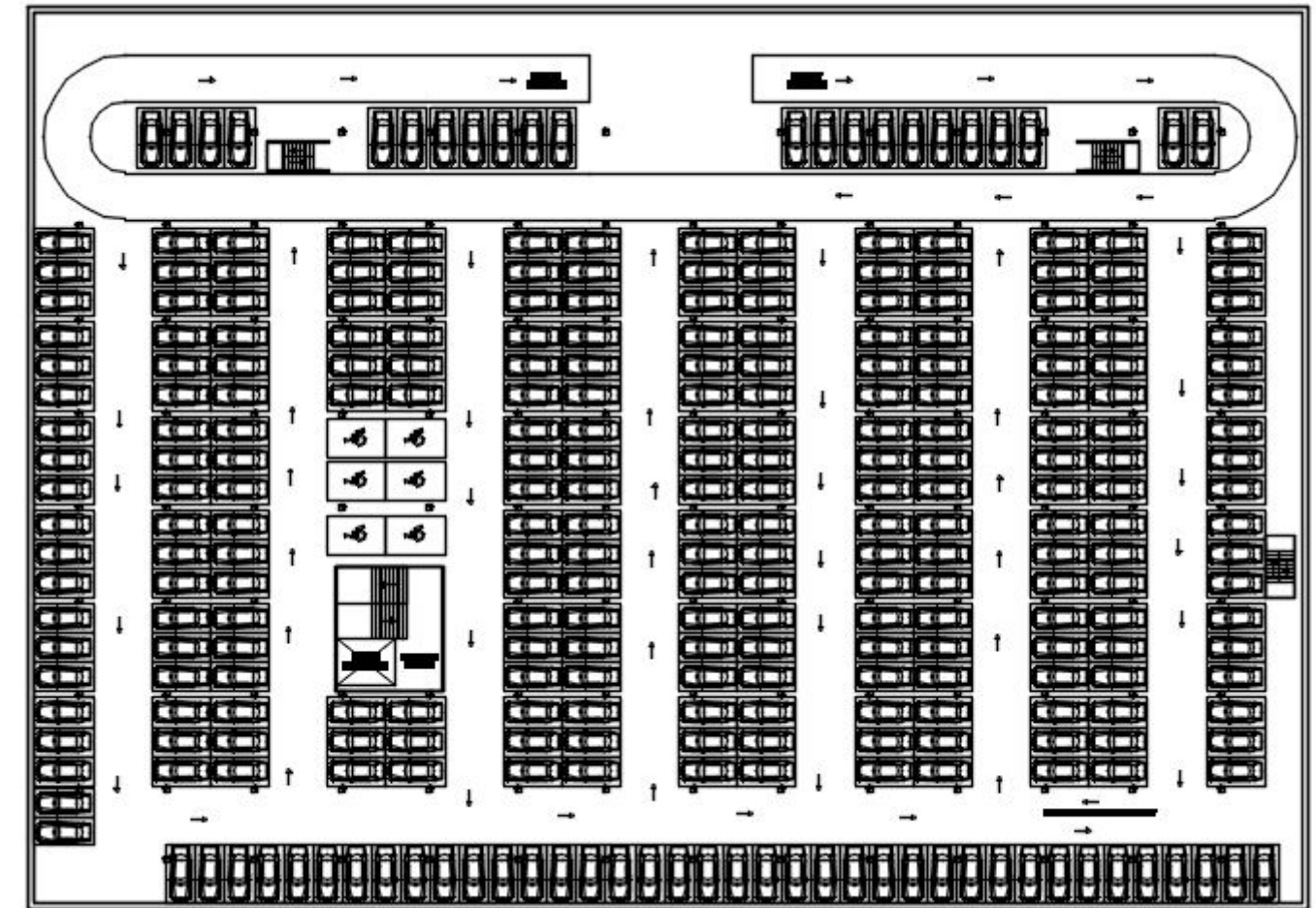
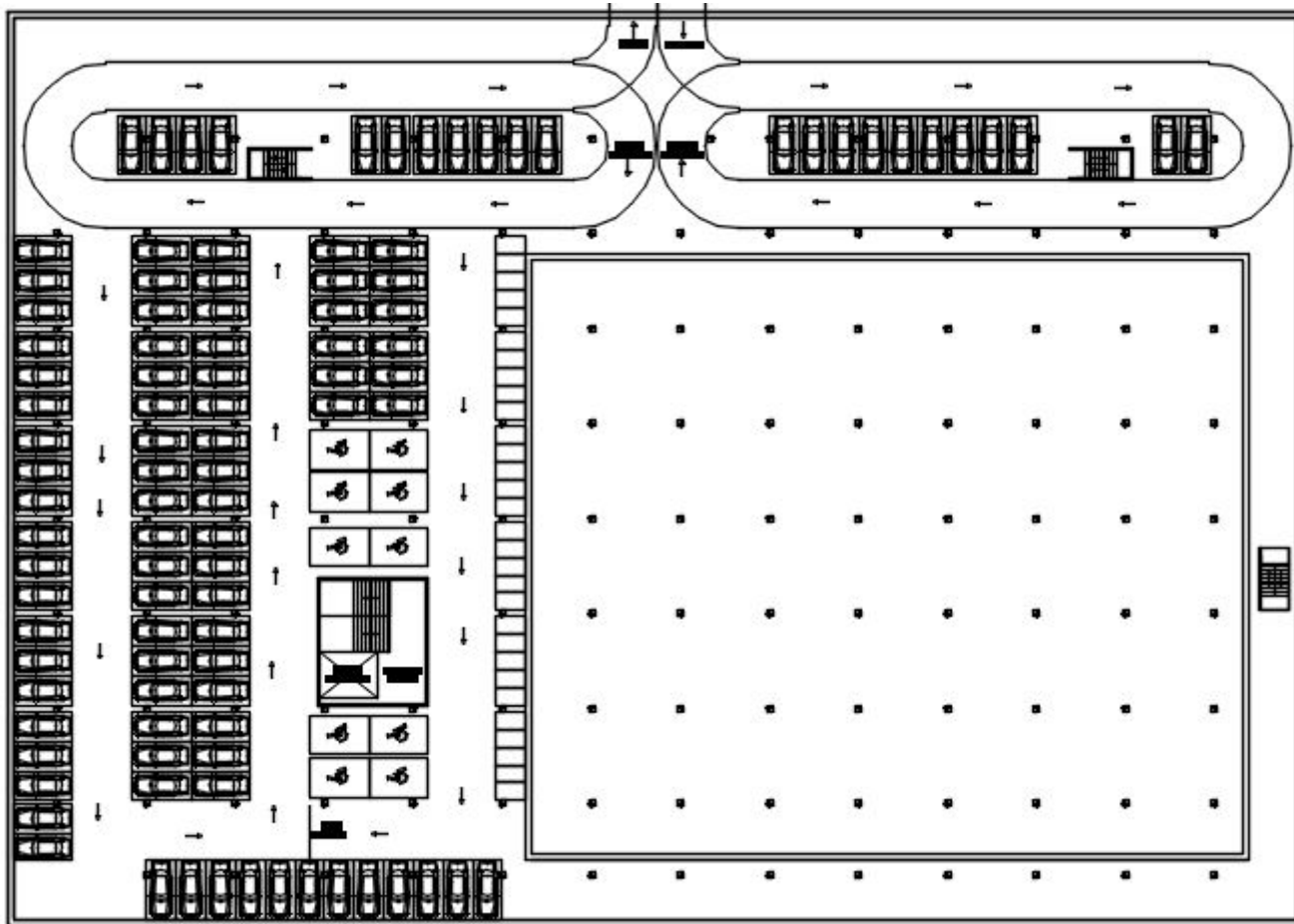
dentro del intervalo de valores marcados por la ordenanza (1-2 por ciento o igual a la pendiente de la vía pública).

En cumplimiento con el apartado 9 del Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad, está señalizado en todo el recinto, tanto el itinerario accesible como el ascensor y las plazas de aparcamiento, mediante SIA con flechas direccionales. En el caso del ascensor accesible, el modelo escogido es el "Gen2 Comfort" de Otis. Se trata de un ascensor de cabina ancha y apertura central con una capacidad para 21 personas (1600 kg). Cuenta con indicación en Braille en alto relieve y una cortina de infrarrojos que detecta cualquier obstáculo y ordena la apertura de puertas instantáneamente, ideal para el uso definido del edificio proyectado.

Por último, en relación a las escaleras de evacuación se han dispuesto de tal forma que, cubriendo cada una de ellas un radio de 35 m. excepto el vestíbulo que proporciona acceso al vestíbulo interior del edificio que protege un radio de 50 m., quede toda la superficie del aparcamiento protegida en caso de emergencia.

3.2. Solución 2 del aparcamiento

En esta segunda alternativa que se plantea como posible organización del aparcamiento del complejo, los accesos al mismo varían respecto a la alternativa 1. En esta opción, se plantea tanto la entrada y la salida del aparcamiento por la zona central de la parcela, con una rampa por sentido totalmente independientes. En el sentido de avance de la calle, Avenida Augusta -dirección Sur, se encuentra la rampa de salida y a continuación la rampa de acceso como se aprecia en la imagen:



El principal motivo por el que esta alternativa queda descartada es precisamente los accesos. Se considera un punto conflictivo la zona en la que acceden y salen vehículos, y más con el sentido en el que se realiza. En el caso de aglomeración en la entrada al aparcamiento, cabría la posibilidad de que se entorpeciese la salida de vehículos. La llegada desde el lado izquierdo de la calle de vehículos que quieren acceder al aparcamiento, unido a la salida de vehículos que han de desplazarse hacia el lado derecho de la calle, sería una zona conflictiva propensa a accidentes. Es por ello por lo que esta opción queda totalmente descartada. Respecto a la geometría de las rampas de acceso entre plantas, se aprovecha el mismo hueco de la rampa de acceso a la planta -1 para colocar la rampa de acceso de la planta -1 a la planta -2, siempre en sentido horario. Lo mismo ocurre para la salida del aparcamiento pues se encuentran en la misma ubicación la rampa de acceso de la planta -2 a la planta -1 como la rampa de salida de la planta -1 a la superficie.

Por lo que respecta al resto de aspectos de la organización del aparcamiento en esta alternativa, se considera la disposición rectangular de la superficie de aparcamiento. De esta manera se economiza el proyecto, siendo mucho más sencillo de construir muros pantalla en perpendicular unos con otros que con un ángulo de 11 grados.

En relación a la capacidad de vehículos, en la planta -1 se dispone de 112 plazas de coches, de las cuales 10 son habilitadas para minusválidos, y 30 plazas para motocicletas. En la planta -2 se dispone de 299 plazas de coches, de las cuales 6 son habilitadas para minusválidos. En esta alternativa se ha impedido el aparcamiento de motocicletas en la planta -2 con la intención de evitar la mezcla de tipos de vehículos en las rampas de acceso entre plantas, reduciendo así las posibilidades de accidentes.

Al igual que se considera en la alternativa anterior, la altura a salvar entre forjados del aparcamiento es de 3,5 m. entre las caras superiores de los forjados.

Toda vez revisada la normativa a aplicar en el proyecto objeto de estudio, al igual que se comenta en la alternativa anterior, se toma la Ordenanza Reguladora de las Condiciones Funcionales de Aparcamientos de Valencia publicada en el BOP 245 de 15-X-94 y el Código Técnico de la Edificación como normativas vigentes a aplicar en el desarrollo del presente proyecto. En base a ello, según marca el CTE, serían necesarias 13 plazas de aparcamiento habilitadas para minusválidos. En proyecto se ha diseñado la implantación de 16 plazas de aparcamiento accesibles repartidas en ambas plantas y próximas al vestíbulo accesible de acceso a superficie. Las dimensiones de las plazas de automóviles cumplen con las dimensiones mínimas indicadas en la Ordenanza Reguladora de las Condiciones Funcionales de Aparcamientos de Valencia en la cual se marcan unas dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento para vehículos de 2,20x4,50 m y de 3,30x4,50 m. en el caso de plazas de aparcamiento accesibles. En el proyecto objeto de estudio se han dotado plazas de aparcamiento de dimensiones 2,50x5,00 m. en el caso de vehículos, y de 3,30x5,00 m. en el caso de plazas de aparcamiento accesibles.

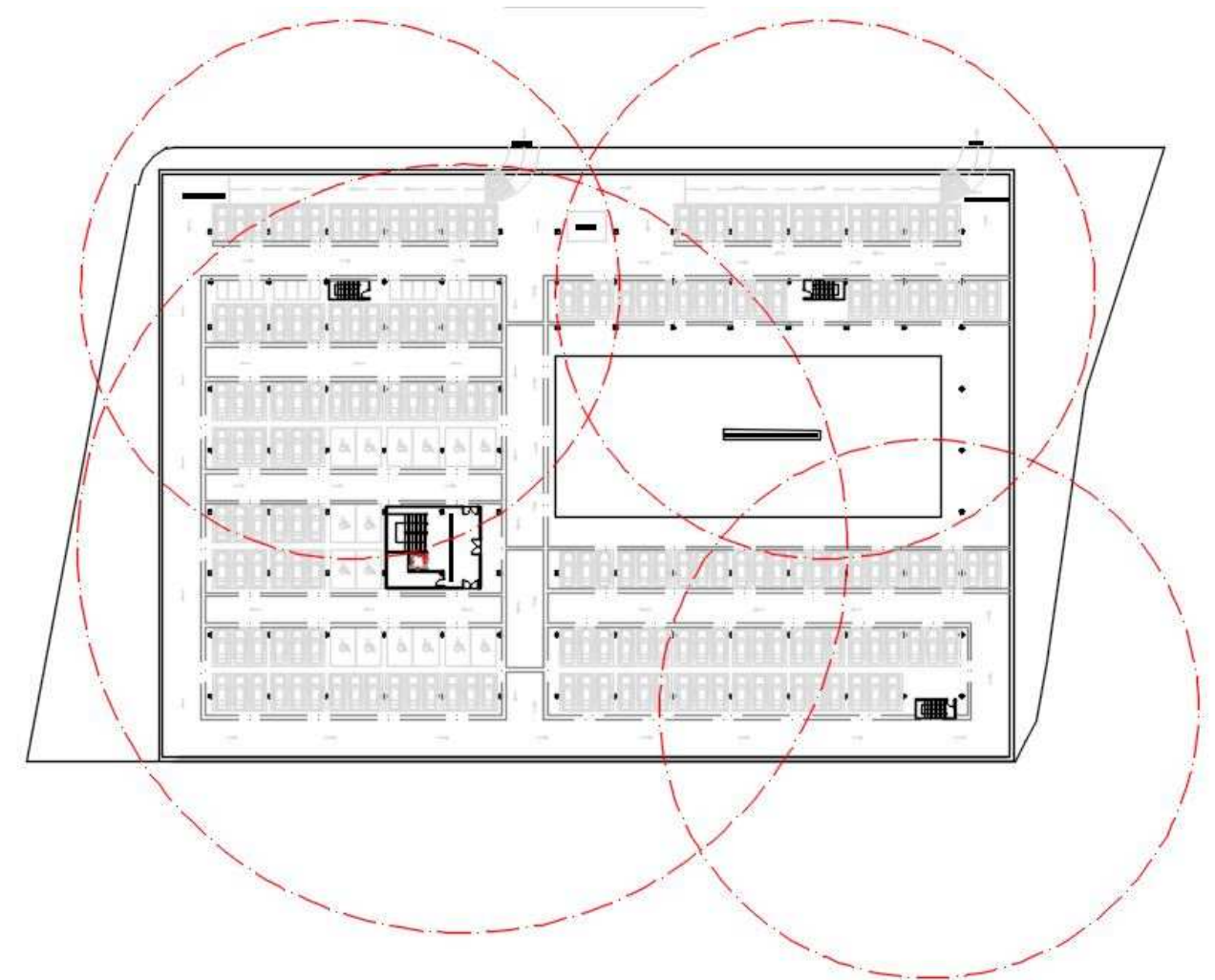
En la presente alternativa todas las plazas de aparcamiento se encuentran con un ángulo de 90º del eje longitudinal de la plaza de aparcamiento con la línea media de la calle de circulación, por lo que las dimensiones de las calles de circulación son de 5,00 m. para que cumplan con la ordenanza vigente.

Al igual que se realiza en la alternativa anterior, la Ordenanza Reguladora de Condiciones Funcionales de Valencia indica que, para el aparcamiento proyectado de 441 plazas, se dispondrá de 2 rampas de sentido único de 3,00 m. de ancho mínimo o una rampa de doble sentido de 6,00 m. En la presente alternativa se decide la construcción de 2 rampas independientes de 4,00m. en cada sentido de circulación para así asegurar el cumplimiento de la normativa. La pendiente de las rampas de acceso y comunicación entre plantas es del 10 por ciento, siendo el 16 por ciento la máxima permitida por la Ordenanza Reguladora. Dado que no está permitido el acceso de autobuses y/o camiones, en cuyo caso la pendiente no podría ser mayor del 7 por ciento. En las calles de circulación y zonas de aparcamiento se dispone de una pendiente del 1 por ciento, siendo 1-2 por ciento el intervalo de valores marcados por la ordenanza (también se permite mantener la pendiente de la vía pública).

Atendiendo a las pautas marcadas por el Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad en su apartado 9, queda señalado el itinerario accesible en ambas plantas del aparcamiento mediante Símbolo Internacional de Accesibilidad (SIA) y franjas blancas. Lo mismo ocurre con las plazas de aparcamiento accesibles. En el vestíbulo de entrada, donde quedan ubicadas las escaleras de acceso a la planta 0 en el interior del edificio, está ubicado el ascensor accesible de capacidad de carga de 21 personas (1600 kg). Las escaleras tienen una anchura de 2,50 m. en cada tramo para asegurar el paso de personas sin limitación de espacio. En el caso del ascensor accesible, el modelo escogido es el "Gen2 Comfort" de Otis, el mismo que se ha escogido en la alternativa 1. Se trata de un ascensor de cabina ancha y apertura central con una capacidad para 21 personas (1600 kg). Cuenta con indicación en Braille en alto relieve y una cortina de infrarrojos que

detecta cualquier obstáculo y ordena la apertura de puertas instantáneamente, ideal para el uso definido del edificio proyectado.

Finalmente, las escaleras de evacuación se han dispuesto de tal forma que, cubriendo cada una de ellas un radio de 35 m., quede toda la superficie del aparcamiento protegida tal y como se muestra en la siguiente imagen:



3.3. Solución adoptada del aparcamiento

Tras la realización de 2 distribuciones distintas de las 2 plantas del aparcamiento, en las que se ha probado 2 accesos distintos al mismo y 2 geometrías distintas de la superficie a emplear, se ha adoptado una solución que se considera idónea con la que se optimiza el espacio, tanto para circular como para aparcarse, siendo ésta alternativa de dimensiones 111,00 x 77,00 m.

Primeramente, se ha de urbanizar el espacio de Avenida Augusta que resta hasta llegar al Canal de la Fontana ya que actualmente no se encuentra urbanizado. En el Anejo Nº 02 – Planeamiento urbanístico y Estudio de viabilidad ambiental se hace referencia al plan de urbanización a realizar en el tramo de Avenida Augusta en el que se encuentra la parcela. Es decir, la geometría final de dicho tramo de calle, continuando con el ya existente en el resto de calle, será:

Acera

Anchura de 8,3 m. con carril bici de anchura 2,0 m., alumbrado público, arbolada a lo largo de la avenida y bancos de descanso. Se apuesta por una amplia acera para dar capacidad a los usuarios que acudan al recinto, tanto de diario como en días de competición.

Aparcamiento

Franja de 4 m. junto a la acera disponibles para aparcamiento de vecinos y usuarios de la zona.

Calzada

Un carril de circulación de anchura 4,50 m. que desemboca en la Calle Canal Norte.

Aparcamiento

Franja de 4 m. junto a la acera disponibles para aparcamiento de vecinos y usuarios de la zona.

Mediana

La calle dispondrá de una mediana de 11 m. de anchura donde se ubicará el alumbrado público, arbolada y zonas de recreo. Servirá como separación de ambos sentidos de circulación.

Aparcamiento

Franja de 4 m. junto a la acera disponibles para aparcamiento de vecinos y usuarios de la zona.

Calzada

Un carril de circulación de anchura 4,50 m. que desemboca en la Calle Canal Norte.

Aparcamiento

Franja de 4 m. junto a la acera disponibles para aparcamiento de vecinos y usuarios de la zona.

Acera

Anchura de 4 m. en la que se dispone alumbrado público y arbolada a lo largo de la avenida.

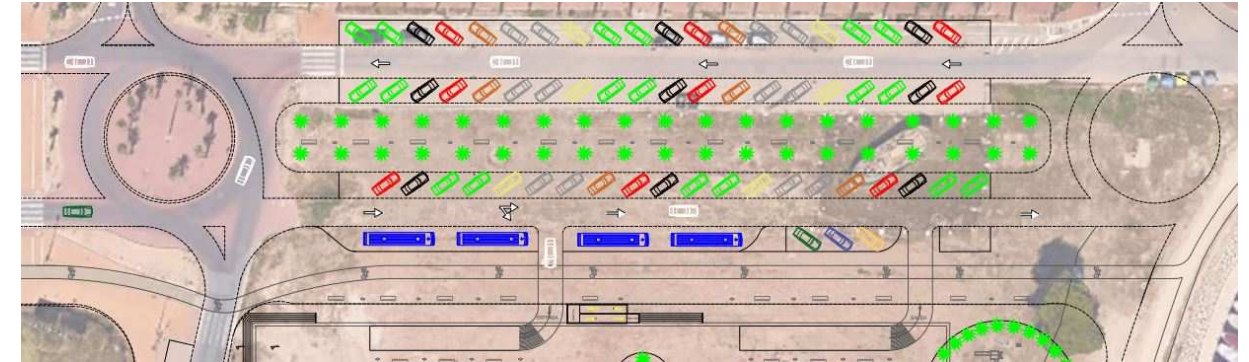


Imagen 2. Vista en alzado de la Avenida Augusta urbanizada. Fuente: AutoCad



Imagen 3. Vista en alzado de la Avenida Augusta urbanizada. Fuente: Propia.

Aquí se muestra el estado actual del tramo de Avenida Augusta en la que se encuentra la parcela objeto de estudio:



Imagen 4. Vista de la parcela objeto de estudio Fuente: Ordenanza Reguladora.

Como se muestra en las imágenes, la geometría de la calle es totalmente diferente una vez se pasa la rotonda. Por ello, se consideró incluir en el presente proyecto la urbanización del tramo de Avenida Augusta que resta por urbanizar. Ello se antojaba necesario pues de lo contrario los accesos rodados al aparcamiento se complicaban y difícilmente podrían ajustarse a las exigencias que marca la Ordenanza Municipal.

Queda prevista la reserva de la franja de aparcamiento próxima a la parcela en Avenida Augusta para el estacionamiento de autobuses en días de competición para poder tener acceso rápido y cómodo al recinto. Tal y como se muestra en la imagen anterior, es mucho más sencillo para un autobús acceder desde la Avenida Augusta habilitando el espacio reservado para el estacionamiento. Pidiendo permisos oficiales a la entidad local y a la Policía local sería fácilmente autorizada tal actuación. Para el resto de usuarios no sería un problema debido a la cantidad de espacios destinados para el aparcamiento en la zona, incluyendo además las plazas de aparcamiento de ambas plantas subterráneas del proyecto. Se permitirá el estacionamiento de autobuses en el tramo anterior a la entrada del aparcamiento, además de hasta la mitad del tramo posterior a la entrada del parking. El motivo por el que no se permite el estacionamiento en el resto del tramo es porque dificultaría la visibilidad a los usuarios que salen del aparcamiento por la rampa de salida. Por ello se permite el estacionamiento de vehículos

En lo que respecta a los accesos rodados del aparcamiento, tras analizar las 2 alternativas anteriores, se concluye que los accesos deben estar en la fachada longitudinal de la Avenida Augusta tal y como se indicó anteriormente. Se llega a la conclusión que la solución óptima pasa por colocar la rampa de acceso al aparcamiento en la zona central de la parcela. De esta manera se evitan aglomeraciones en las inmediaciones de la rotonda. Para la salida del parking, se decide ubicar la rampa al final de la parcela pues

de esta manera existe una distancia de casi 60 m. entre el acceso al parking y la salida del mismo. Ello evita el cruce de vehículos, reduciendo de esta manera las probabilidades de accidente o aglomeración.

En lo correspondiente a normativa a seguir, la ausencia de normativa estatal y ordenanza local al respecto hacen que la norma a cumplir para el caso del presente proyecto es la Ordenanza Reguladora de las Condiciones Funcionales de Aparcamientos, aprobada por el Excelentísimo Ayuntamiento de Valencia y ratificado por el Tribunal Superior de Justicia de la Comunidad Valenciana (BOP 245 de 15/10/1994). Entendiendo por estacionamiento, espacio en el que existe rotación de vehículos con períodos de tiempo inferiores al mes, se adoptará tal función al aparcamiento de presente proyecto.

Las rampas de acceso rodado cumplen las normativas técnicas de aparcamiento (CTE y Ordenanza) que permiten una pendiente máxima del 16 por ciento. En este caso la pendiente adoptada es de 10 por ciento con una longitud de rampa de 33 m. A la entrada se dispone de una meseta horizontal de 4 m. de profundidad y 4 m. de anchura antes de descender por la rampa, tal y como indica la normativa técnica.

En cuanto a la rampa de salida, las características son similares a la rampa de entrada, pero a la inversa. Como se indica, la salida del recinto se encuentra al final de la parcela, lindando con el Canal de la Fontana. Dispone de una meseta de 4 m. tanto de profundidad como de anchura y pendiente de 0 por ciento. La ordenanza indica que debe ser de 5 m. salvo que la profundidad de la parcela sea menor de 12 m. en cuyo caso puede reducirse la profundidad de la meseta a 4 m., caso en el que se encuentra el presente proyecto. En la siguiente tabla de la Ordenanza se recogen el número y anchura de los accesos a estacionamientos en función del número de plazas de las que dispone:

ACCESOS DE ESTACIONAMIENTOS Y RESTO DE GARAJES				
PLAZAS	ENTRADA	SALIDA	ANCHO	SENTIDO
0-50	1		3,00	doble
51-600	1	1	3,00 6,00	único doble
> 600 (1)	1 de entrada y 1 de salida por cada 600 plazas o fracción			

Tabla 1. Número de accesos y anchura en función de las plazas existentes. Fuente: Ordenanza Reguladora.

En estacionamientos con un número de plazas de aparcamiento entre 51 y 600, la Ordenanza exige la disposición de dos rampas con un ancho mínimo de 3 m. y sentido único para posibilitar la circulación entre las diferentes plantas. También da la opción de realizar circulación a través de una única rampa de 6 m. de ancho y doble sentido. Cuando la circulación es curva en el aparcamiento, la normativa muestra una tabla de radios de giro mínimos exigibles en función de la anchura de la calle de circulación:

R1	R2	R3	A	D
2,50 m. (mín.)	4,62 m.	6,75 m.	4,25 m.	13,50 m.
3,00 m.	4,95 m.	6,90 m.	3,90 m.	13,80 m.
4,00 m.	5,80 m.	7,60 m.	3,60 m.	15,20 m.
5,00 m.	6,67 m.	8,35 m.	3,35 m.	16,70 m.
6,00 m.	7,60 m.	9,29 m.	3,20 m.	18,40 m.
7,00 m.	8,55 m.	10,10 m.	3,10 m.	20,20 m.
≥8,00 m.	-	-	3,00 m.	-

Tabla 2. Radios de giro mínimos en función de anchura de calle de circulación. Fuente: Ordenanza Reguladora.

La Ordenanza exige un gálibo mínimo en todo el recinto de 2,20 m., pudiendo éste reducirse a 1,80 m. en los aparcamientos para turismos en determinadas zonas de la plaza de aparcamiento por paso de canalizaciones u otros. Estas zonas deben estar perfectamente señalizadas y por debajo de ellas no podrán circular peatones. En la misma línea, la Ordenanza exige que como mínimo el 15 por ciento de las plazas de aparcamiento tenga un gálibo de 2,20 m. en la totalidad de la superficie de la plaza. En el presente proyecto se ha asegurado una altura mínima en todo el recinto de 2,50 m. por lo que tal exigencia está sobradamente cumplida. Se muestra a continuación una imagen extraída de la Ordenanza en la que se ilustra en que zonas de la plaza de aparcamiento puede reducirse el gálibo hasta 1,80 metros:



Imagen 5. Condiciones en las que se puede reducir el gálibo. Fuente: Ordenanza Reguladora.

En relación a la capacidad total de plazas de aparcamiento de la solución adoptada, resulta mayor que en ninguna de las anteriores alternativas planteadas. Habrá una disponibilidad de 524 plazas de aparcamiento repartidas de la siguiente manera:

Planta -1

En la primera planta de aparcamiento se dispone de 209 plazas de aparcamiento de las cuales 177 de ellas son para vehículos, 16 plazas habilitadas para minusválidos y 16 plazas de aparcamiento para motocicletas. Se ha querido dotar en la primera planta de todas las plazas de aparcamiento accesibles. Tal y como marca el CTE, es necesaria una plaza accesible por cada 33 plazas de aparcamiento en edificios de pública concurrencia. Por ello, el número total de plazas accesibles necesarias es 16, tal y como se han proyectado.

Planta -2

En la segunda planta de aparcamiento se dispone de un total de 315 plazas de aparcamiento de las cuales 275 corresponden a plazas de automóvil y 40 a plazas destinadas a motocicletas. Como se ha mencionado anteriormente, las plazas accesibles se han querido ubicar en la primera planta para que así el recorrido de evacuación hasta la superficie en caso de emergencia sea menor. Además, en la primera planta hay menos plazas de aparcamiento y por lo tanto se espera menor tránsito de vehículos, al menos en las proximidades al vestíbulo de acceso que es donde están ubicadas las plazas accesibles, lo cual reduce los riesgos de accidente.

Las dimensiones de las plazas de aparcamiento son las establecidas por la Ordenanza indicada anteriormente que regula y marca las normas a seguir en materia de aparcamiento y estacionamiento en la Comunidad Valenciana. Las dimensiones son las siguientes:

Vehículo

La ordenanza exige unas dimensiones mínimas de 2,20 x 4,50 m. En el proyecto se han diseñado con unas dimensiones de 2,40 x 5,00 m. pues la Ordenanza exige unas dimensiones mínimas de 2,40 x 4,50 m. para las plazas de aparcamiento que estén situadas junto a la pared y se acceda a ellas por un carril de circulación perpendicular a dicha plaza. Con ello se asegura el cumplimiento de la normativa y facilita el aparcamiento de los usuarios de vehículos. Se muestra un esquema ilustrativo de a lo que se refiere la norma con esta exigencia:

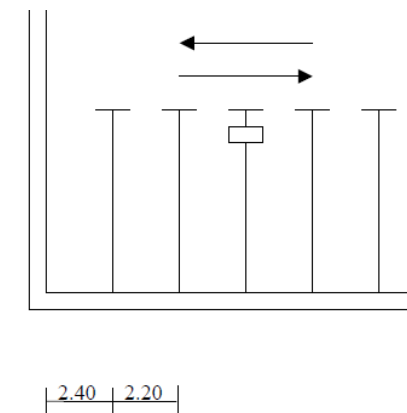


Imagen 6. Dimensiones de plaza de aparcamiento en función de la situación. Fuente: Ordenanza Reguladora.

Motocicleta

La ordenanza exige unas dimensiones mínimas para las plazas de aparcamiento de motocicletas de 1,50 x 2,20 m. También se exige que, al menos, el 20 por ciento de las plazas de aparcamiento de motocicletas tengan unas dimensiones de 1,50 x 2,50 m. En el proyecto se han diseñado todas las plazas de aparcamiento de motocicleta con unas dimensiones de 1,50 x 2,50 m. De esta manera se consigue mayor amplitud para los usuarios de las plazas de aparcamiento y reduce los riesgos.

Plazas de aparcamiento accesibles

El Código Técnico de la Edificación exige que 1 de cada 33 plazas de aparcamiento sean accesibles. Para asegurar el cumplimiento de la misma se ha dotado al parking de 16 plazas de aparcamiento accesibles. La Ordenanza exige unas dimensiones mínimas para éstas de 3,30 x 4,50 m. En el proyecto se han diseñado con unas dimensiones de 3,30 x 5,00 m. con lo que queda cumplida tal exigencia de la norma.

Bicicleta

Se dispondrán de dispositivo de aparcamiento para bicicletas en la superficie exterior para facilitar el tránsito de usuarios con dicho medio de transporte. Para tal tipología no se encuentra normativa a aplicar, pero la Ordenanza recoge la opción de destinar plazas de aparcamiento para bicicletas en el mismo parking. Para ello, dichas plazas tendrían unas dimensiones de 0,70 x 1,20 m. si éstas se encuentran en el suelo, o 0,70 x 1,90 m. si están colgadas.

En cuanto a los dispositivos de control, dado que el aparcamiento finalmente tendrá una capacidad de 524 plazas de aparcamiento, la Ordenanza exige cuando el número de plazas es mayor de 300 como mínimo un dispositivo de entrada y otro de salida. Por tanto, así de dispone en el proyecto un dispositivo de entrada y otro de salida, de anchura mayor de 3,00 m. tal y como indica la norma.

Para la circulación interior del aparcamiento, todos los carriles tienen una anchura mínima de 5,00 m. asegurando una segura circulación de los vehículos por el interior del recinto. Para poder aparcar con un ángulo de 90º respecto al eje del carril de circulación, la Ordenanza exige una anchura mínima de 5,00 m. independientemente sea carril de doble sentido o sentido único. En el diseño de la alternativa definitiva se ha establecido que todos y cada uno de los carriles tengan, como mínimo, una anchura de 5,00 m. siendo alguno de ellos de 5,50 m. e incluso 7,00 m. en carriles en los que se prevé mayor tránsito. A continuación, se recoge una tabla, extraída de la normativa aplicada, en la que se recogen los anchos mínimos de las calles de circulación, en función del ángulo que forme el eje de la plaza de aparcamiento con el eje de la calle de circulación:

Ángulo A	Ancho mínimo calle sentido doble	Ancho mínimo calle sentido único
90º	5,00 m.	Estacionamientos: 5,00 m. Garajes: 4,50 m.
60º	5,00 m.	4,00 m.
45º	5,00 m.	3,50 m.
30º	5,00 m.	3,00 m.
0º	5,00 m.	3,00 m.

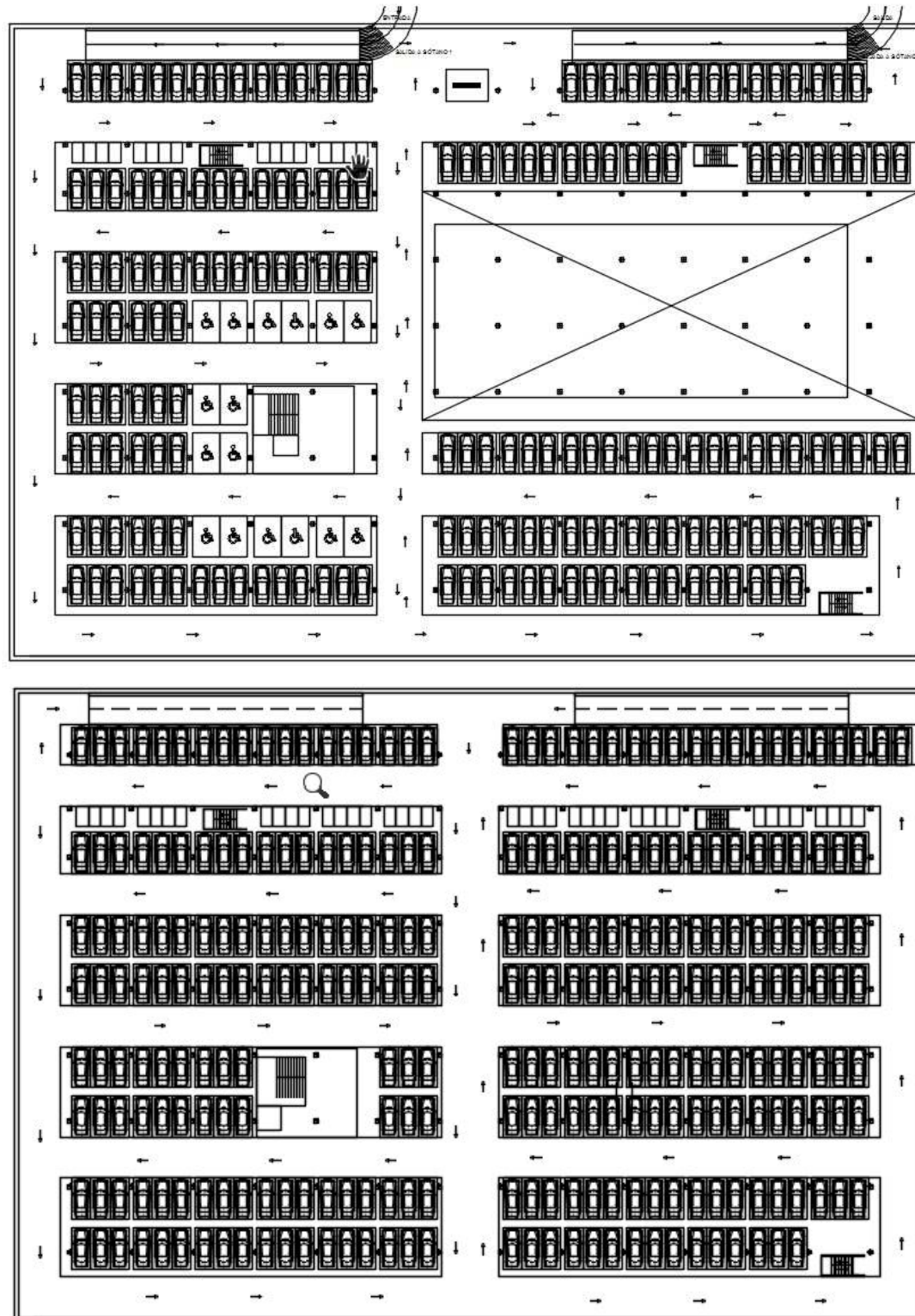
Tabla 3. Anchura mínima de calle en función del ángulo de aparcamiento. Fuente: Ordenanza Reguladora.

Por lo que respecta a las salidas peatonales del aparcamiento, se han dispuesto en función de lo exigido por el Código Técnico de la Edificación. Ahí se indica que las escaleras que evacuen a la superficie tienen un radio de protección de 35,00 m. De esa manera se han ubicado 2 escaleras en la fachada principal, próximas a las rampas de acceso y salida del aparcamiento, y otra en la esquina Sur-Oeste del recinto que da salida a la parte posterior del edificio. Estas 3 escaleras evacuan a la superficie del recinto. Por otro lado, se dispone de un vestíbulo interior con ascensor accesible y escaleras de 2,50 m. de anchura que permite acceder desde ambas plantas del aparcamiento al vestíbulo de la piscina. Este vestíbulo tiene, tal y como marca el CTE en su anejo correspondiente a protección frente a incendios, un radio de protección de 50,00 m. En el interior del vestíbulo, tanto las escaleras como el ascensor accesible cumplen las exigencias indicadas en el CTE tanto en materia de accesibilidad como de protección frente al fuego. Se encuentra libre de obstáculos tanto la salida de las escaleras como del ascensor, y se trata de un recinto protegido con puertas cortafuegos que permite la evacuación en caso de emergencia.

Para cumplir las exigencias que indica la normativa en materia de seguridad de los usuarios del aparcamiento, puede verse en el plano que entre cada hilera horizontal de vehículos se ha dotado de un espacio de 1,00 m. para permitir el tránsito de personas por el aparcamiento sin tener que invadir los carriles de circulación de vehículos. Para poder circular los usuarios verticalmente por el aparcamiento, se ha habilitado un espacio de 1,50 m. en los extremos de las calles de circulación en las cuáles no está permitido el estacionamiento para evitar accidentes por entradas y salidas de vehículos de plazas de aparcamiento.

En el aspecto estructural de la alternativa adoptada, se realizan muros pantalla de espesor 0,50 m. y altura 15,00 m. que recorren el perímetro de la superficie del aparcamiento. Junto con la cimentación realizada mediante losa de cimentación de dimensiones 110 x 76 m. y canto de 1,00 m., queda el terreno adyacente soportado. En un principio se planteó la opción de realizar muros de sótano en lugar de muros pantalla, pero dada la existencia del nivel freático tan próximo a la superficie y las características del terreno subterráneo de la parcela, se antojaba muy complicado el soporte de tierras con muros de sótano. La existencia de calle por ambas fachadas principales es otra de las bazas que hacen decantarse por la opción de muros pantalla. Con su realización, evitaríamos cierta proporción de subpresión bajo la losa de cimentación lo cual es un aspecto determinante para optar por muros pantalla. En el estudio geotécnico se muestra el estudio y cálculos por los que se argumenta la elección de muros pantalla en lugar de muros de sótano.

En cuanto a los pilares interiores, se estableció una malla de 8,00 x 7,50 m. que permitiese la ubicación de 3 plazas de aparcamiento entre pilares en sentido longitudinal y carriles de circulación que cumpliesen con las dimensiones exigidas por la normativa. Se decide fijar dicha malla porque de esta manera era más sencillo organizar y diseñar el equipamiento del aparcamiento en función de la estructura que viceversa, como ocurrió en las alternativas anteriores. A continuación, se muestra una imagen de la distribución final de ambas plantas del aparcamiento:



En pro del medio ambiente y para dar facilidades a los usuarios que quieran acudir al recinto en bicicleta, se contempla la opción de solicitar permiso a la autoridad pertinente la posibilidad de instalar aparcamientos para bicicletas en las inmediaciones de la parcela. Actualmente existe un carril bici que recorre la Avenida Augusta y sería conveniente disponer de dispositivos de aparcamiento para bicicletas de varios tamaños próximos al recinto dada la cantidad de usuarios que se espera que acudan. Se aconseja un aparcamiento para bicicletas de carretera, montaña y niños. El rango de edades de los usuarios que se espera acudan a una construcción como la que se proyecta es lo suficientemente amplio como para pensar en dotar al recinto del equipamiento necesario que facilite la estancia en él.

Toda vez decididos todos los aspectos de la que se considera la alternativa óptima para el presente proyecto que está siendo objeto de estudio, se ha de llevar a cabo una decisión acerca de la solución final a adoptar. Se trata de dar con la solución eficiente, la que, siendo factible, no exista otra solución que proporcione una mejora en un criterio sin producir un empeoramiento en alguno de los demás atributos. Para el proceso de la toma de la decisión se tienen en cuenta diferentes elementos:

Decisor o unidad decisoria

Se trata de la persona o conjunto de personas encargadas de tomar la decisión. En este caso, se trata de un grupo de 4 personas las encargadas de llevar a cabo el proyecto junto con los tutores encargados de revisar las decisiones adoptadas.

Conjunto de alternativas

Se plantean 3 alternativas para la construcción del aparcamiento entre las cuales se ha de discernir la óptima. Se trata de un conjunto discreto pues el número de alternativas es conocido y finito.

Ambiente o entorno

Se entiende por entorno, el contexto en el que transcurre todo el proceso de decisión (incertidumbre, riesgo, etc.).

Criterios

Se trata del conjunto de atributos que se emplean para discernir la alternativa más apropiada. Pudiendo ser monocriterio, se decide adoptar la técnica multicriterio pues se entiende que hay más de 1 criterio los que aparecen en la toma de decisión.

Para ello se tienen en cuenta las técnicas de decisión multicriterio mediante una tabla de valoración en la que se incluyen los criterios que determinan la solución y las distintas alternativas de las que disponemos. Además, a dicha tabla se asocia una matriz de pesos para cada uno de los criterios para posteriormente, multiplicando la valoración de cada criterio por su peso, obtener la estimación de cada alternativa planteada, siendo la de valoración más alta la idónea para llevar a cabo. Se trata de un paso en la objetivación de una decisión subjetiva en la que han intervenido muchas personas y puede antojarse complicado estar de acuerdo. Con ello, se trata de simplificar el problema de la decisión transformando en una valoración para cada alternativa desde los diferentes criterios y asignando el peso que se considere a cada uno de los criterios diferentes.

En un primer momento se adopta la decisión de encontrar la alternativa idónea mediante la técnica de la suma simple a través de la cual se obtiene la valoración de todas y cada una de las alternativas, pero sin ponderación de los diferentes criterios. La principal desventaja de esta técnica es que se asume que todos los criterios tienen la misma importancia. En el proyecto objeto de estudio, se entiende que para tomar la decisión de llevar a cabo la construcción de un aparcamiento no tiene la misma importancia la capacidad de plazas de aparcamiento que puede albergar como los plazos de ejecución de dicha construcción. Por ello, tras analizar esta manera de estimar la alternativa correcta, esta técnica quedó descartada casi de inicio.

Por tanto, se plantea la opción de analizar las alternativas mediante la técnica multicriterio de la suma ponderada. En ella se aplica una ponderación a cada uno de los criterios y se tiene en cuenta a la hora de obtener la calificación total de cada alternativa. Primero se crea una escala de valoración para poder puntuar cada alternativa en función de los criterios:

ESCALA DE VALORACIÓN
1 = Nada favorable
2 = Poco favorable
3 = Medianamente favorable
4 = Bastante favorable
5 = Muy favorable

A continuación, se muestra la tabla de valoración de las alternativas en función de los diferentes criterios considerados:

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Funcionalidad	3	3	5
Capacidad	4	3	5
Accesibilidad	2	2	4
Diseño	2	3	5
Economía	3	4	3
Plazos de ejecución	3	4	2
Impacto ambiental	2	3	3
Mantenimiento	4	4	4
Complejidad constructiva	2	3	3
Seguridad circulación	3	4	5
Seguridad peatones	3	4	5
Adecuación normativa	4	4	5
TOTAL	35	41	49

Posteriormente se confecciona una matriz de pesos de los criterios adoptados:

	Ponderación
Funcionalidad	3
Capacidad	3
Accesibilidad	3
Diseño	2
Economía	1
Plazos de ejecución	1
Impacto ambiental	2
Mantenimiento	2
Complejidad constructiva	1
Seguridad circulación	3
Seguridad peatones	3
Adecuación normativa	2

Para obtener la calificación final de cada una de las 3 alternativas planteadas, se realiza el siguiente sumatorio:

Σ (ponderación de cada criterio x valoración de criterios de cada alternativa)

	Pesos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Funcionalidad	3	3	3	5
Capacidad	3	4	3	5
Accesibilidad	3	2	2	4
Diseño	2	2	3	5
Economía	1	3	4	3
Plazos de ejecución	1	3	4	2
Impacto ambiental	2	2	3	3
Mantenimiento	2	4	4	4
Complejidad constructiva	1	2	3	3
Seguridad circulación	3	3	4	5
Seguridad peatones	3	3	4	5
Adecuación normativa	2	4	4	5
TOTAL	26	35	41	49

Obteniendo finalmente la valoración de las 3 alternativas:

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
TOTAL	77	87	114

Mediante la técnica de la suma ponderada, obtenemos que la alternativa que mayor calificación obtiene es la última de las planteadas, lo cual refuerza los argumentos adjuntados en el presente estudio por el que se considera la última de las alternativas como la idónea para llevar a cabo.

Con el objetivo de cotejar el resultado obtenido mediante la técnica de la suma ponderada, se procede a realizar un nuevo análisis multicriterio mediante una técnica distinta. En esta ocasión se opta por emplear el Método PRESS desarrollado por el Profesor Eliseo Gómez-Senent. Consiste en una técnica multicriterio que trata de determinar la alternativa más favorable desde el punto del análisis comparado con el resto de las alternativas posibles, estableciendo relaciones entre alternativas para todos los criterios. Así se consigue obtener la alternativa óptima, la cual es mejor que las demás en el mayor número de criterios posibles y a la vez es la que tiene menos debilidades respecto al resto de alternativas posibles. Para ello se siguen las siguientes pautas que se muestran a continuación, manteniendo la misma escala de valoración de la técnica anterior:

Establecer criterios y pesos: C_j y P_j

	Pesos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	X_{jmax}
Funcionalidad	3	3	3	5	5
Capacidad	3	4	3	5	5
Accesibilidad	3	2	2	4	4
Diseño	2	2	3	5	5
Economía	1	3	4	3	4
Plazos de ejecución	1	3	4	2	4
Impacto ambiental	2	2	3	3	3
Mantenimiento	2	4	4	4	4
Complejidad constructiva	1	2	3	3	3
Seguridad circulación	3	3	4	5	5
Seguridad peatones	3	3	4	5	5
Adecuación normativa	2	4	4	5	5

Valorar los criterios para todas las alternativas: X_{ij}

Determinar la matriz de valoración mediante la expresión:

$$Q(i, j) = \frac{x_{ij}}{x_{jmax}} \cdot p_j$$

Siendo

X_{ij} El valor obtenido por la alternativa X_i para el criterio C_j y X_{jmax} el valor máximo de puntuación para el mismo criterio.

Q	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Funcionalidad	1,8	1,8	3
Capacidad	2,4	1,8	3
Accesibilidad	1,5	1,5	3
Diseño	0,8	1,2	2
Economía	0,75	1	0,75
Plazos de ejecución	0,75	1	0,5
Impacto ambiental	1,33	2	2
Mantenimiento	2	2	2
Complejidad constructiva	0,67	1	1
Seguridad circulación	1,8	2,4	3
Seguridad peatones	1,8	2,4	3
Adecuación normativa	1,6	1,6	2

Determinar la matriz de dominación mediante la expresión:

$$T(i, j) = \sum_{k=1}^n [Q(i, k) - Q(j, k)]$$

Siendo siempre $Q(i, k) > Q(j, k)$ evitando de esta manera diferencias negativas.

T	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	D_i
Alternativa 1	0,00	0,6	0,00	0,60
Alternativa 2	3,10	0,00	0,75	3,85
Alternativa 3	8,30	6,3	0,00	14,60
d_i	11,40	6,90	0,75	0,00

Se obtienen los valores D_i y d_i como resultado de sumar las filas y columnas de la matriz de dominación. Finalmente, se determina el resultado del método determinando la relación entre D_i y d_i siendo la solución óptima el valor:

$$Max \left[\frac{D_i}{d_i} \right]_{i=1}^{i=n}$$

Por tanto, los coeficientes de cada alternativa que permite conocer la óptima resultan:

$$I_1 = 0,60 / 11,40 = 0,05$$

$$I_2 = 3,85 / 6,90 = 0,56$$

$$I_3 = 14,60 / 0,75 = 19,47$$

Tal y como se desprendía de la técnica de la suma ponderada, la alternativa 3 es la óptima.

Tras comparar los resultados realizando el análisis mediante 2 técnicas multicriterio distintas, se desprende que la alternativa 3 es la mejor respecto a las otras dos alternativas planteadas, siendo la alternativa 1 la más desfavorable de todas.

4. Estudio de soluciones de la distribución interior del edificio

Para la realización del presente proyecto, se ha estudiado y cumplido la siguiente normativa vigente aplicable:

Código Técnico de la Edificación

Aprobado mediante el Real Decreto 314/2006 del 17 de marzo, se trata del marco normativo en el que están establecidas las condiciones que los edificios han de cumplir en lo que respecta a exigencias de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre. Está dividido en 2 partes: En la primera de ellas se encuentran las exigencias básicas correspondientes a seguridad estructura, seguridad en caso de incendios, seguridad de utilización y condiciones de habitabilidad (salubridad, ruido y ahorro de energía). En la parte II se encuentran los Documentos Básicos los cuales se encargan de detallar y trasladar a la práctica las exigencias indicadas en la parte I del Código Técnico. Son de obligado cumplimiento pese a que el proyectista o director de obra pueden plantear soluciones alternativas bajo su responsabilidad, estando siempre debidamente justificadas documentalmente.

Otra de las exigencias que quedan recogidas en el CTE como consecuencia de la Ley 51/2003 de 2 de diciembre es la accesibilidad universal de las personas con discapacidad. Se trata de la Ley de Igualdad, No Discriminación y Accesibilidad Universal (ley más conocida como LIONDAU) cuyo fin primordial es el de establecer una serie de medidas que garanticen el derecho de las personas con discapacidad a la igualdad de oportunidades.

Normas N.I.D.E.

Se trata de un conjunto de normas dirigidas a regular las instalaciones deportivas y de esparcimiento y definir las condiciones reglamentarias y de diseño que han de considerarse en la construcción de instalaciones deportivas. Está elaborada por el Consejo Superior de Deportes, organismo dependiente del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Estas normas están compuestas por Normas Reglamentarias y Normas de Proyecto. Las primeras tienen el objetivo de normalizar diferentes aspectos que influyen en la práctica activa del deporte, tales como trazado, iluminación y tipos de superficie deportivas. Las Normas de Proyecto sirven de referencia para llevar a cabo cualquier proyecto de instalaciones deportivas, facilitando unas condiciones útiles para la planificación de instalaciones deportivas (clases de instalaciones normalizadas, ámbito de utilización y aspectos a considerar antes de proceder al diseño) y definiendo unas condiciones de diseño idóneas.

Las normas NIDE están organizadas en 4 apartados. La norma NIDE 1 regulan la normativa aplicable a campos pequeños. La norma NIDE 2 se refiere a campos grandes y atletismo. La norma NIDE 3 es la que se aplica al proyecto objeto de estudio pues es la encargada de regular y normalizar las exigencias de piscinas. Por último, la norma NIDE 4 se encarga de la normativa de deportes de hielo.

Normativa RFEN

Es el Reglamento General de la Real Federación Española de Natación, modificado en la Comisión Delegada de 13-1-2012 y aprobado por la Comisión Directiva del Consejo Superior de Deporte el 17-5-2012. Está organizado en 17 libros en los cuales en cada uno de ellos se normaliza y regula un aspecto del deporte de la natación. Uno de los libros que más se han consultado para asegurar el cumplimiento de la norma en el proyecto objeto de estudio es el libro XII correspondiente a Instalaciones de Natación. En él queda normalizados diversos aspectos tales como dimensiones de piscinas para campeonatos nacionales, organización por calles de las mismas y equipamiento necesario que ha de disponer el vaso para poder albergar campeonatos oficiales. También recoge las exigencias básicas correspondientes a condiciones de agua, aire e iluminación, las cuales muchas de ellas están referenciadas a normas NIDE. Otro de los documentos consultados es el Libro X correspondiente a Competiciones Nacionales, para los cuales será apta la piscina objeto de estudio. Sin embargo, en él se recogen los aspectos organizativos de las competiciones nacionales lo que se considera más parte del funcionamiento de la organización del edificio que del proceso proyecto-construcción.

Normativa FINA

La Federación Internacional de Natación es una organización encargada de regular las normas de natación a nivel de competición. También se encarga de organizar periódicamente competiciones mundiales y eventos. Se fundó en 1908 por 8 federaciones nacionales, entre las cuales no se encontraba España, y se encarga de controlar 5 deportes acuáticos (Natación, saltos, natación sincronizada, waterpolo y natación en aguas abiertas). El motivo por el que es de obligatorio cumplimiento tal normativa es porque en el Libro XII del Reglamento General de la Real Federación Española de Natación se indica literalmente:

“Todos los Campeonatos de España, deben celebrarse en piscinas que cumplan las Normas de Instalaciones RFEN y Normas de Instalaciones de FINA”.

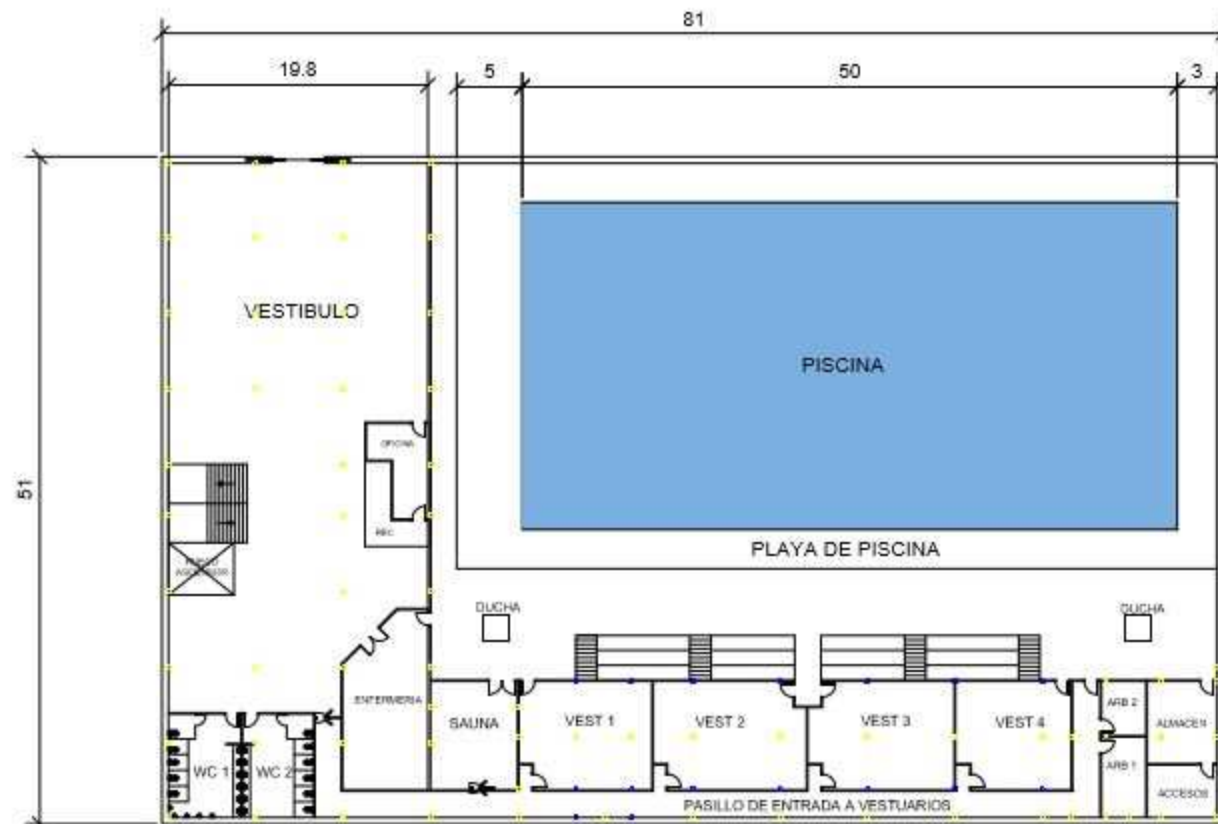
También se indica que la RFEN puede renunciar a ciertas normas en el caso de piscinas ya existentes homologadas siempre y cuando ello no interfiera en el desarrollo de las competiciones.

Tras estudiarse la normativa técnica vigente de aplicación al proyecto objeto de estudio, se procede al diseño interior del edificio en función de la organización de la estructura interior y la distribución de espacios determinados en el edificio para el uso al que está destinado. Teniendo como objeto principal el vaso de la piscina olímpica climatizada, se ha organizado y distribuido el interior del edificio de varias formas distintas obteniendo un total de 3 alternativas diferentes para al final tomar la que se considera óptima para el uso del mismo.

4.1. Alternativa 1 de la distribución interior

Primeramente, se hizo un estudio de las cotas topográficas de la parcela respecto del Canal de la Fontana adyacente a la parcela y se tomó la decisión unánime de que toda la edificación estuviese a cota +3,00 m. La cota de la acera es +2.10 m. por lo que conseguimos un desnivel de +0.90 m. entre la calle y el interior de la parcela. Mediante esta medida se asegura evitar la inundabilidad de la parcela en épocas de fuertes lluvias o desborde del canal. Por eso se decide tomar esta medida como un condicionante fijo en el proyecto ya que la parcela se encuentra sobre terreno con alto porcentaje de inundabilidad.

Tras un primer dimensionamiento de la superficie que sería necesaria para llevar a cabo el presente proyecto, se apostó por una estructura de dimensiones 81 x 51 m., la cual estaba a la vez dividida en 2 estructuras: auxiliar y piscina. Se adjunta una imagen de la primera alternativa que se planteó para la distribución interior:



En la alternativa presentada se hizo una primera distribución estructural que nos marcó la distribución de habitáculos. Por los laterales cortos se está restringido por falta de espacio pues por el lado Sur de la parcela se encuentra el Canal de la Fontana y por los lados Este y Norte está limitada por la línea de servidumbre. Tampoco interesaba tomar más espacio de la parte Oeste de la parcela pues conforme se acerca a ese lado la cota va disminuyendo hasta niveles de canal por lo que se complicaría la construcción ya que se necesitaría mucho terreno de relleno para poder elevar toda la construcción. También es cierto que por sugerencia del tutor la parcela se tenía que limitar lo máximo posible y ajustar los espacios.

El edificio constaba de 3 plantas a diferentes cotas:

Planta 0

La planta baja del edificio se encuentra a cota +3.00 m. En lo que respecta al vestíbulo, se encuentran las escaleras que proceden del vestíbulo accesible del aparcamiento, así como el ascensor accesible. Se ubica una zona de recepción enfrentada con las escaleras y ascensor, así como unos aseos diferenciados por sexos y una enfermería con acceso desde vestíbulo y piscina. Los aseos están dotados de lavabos e inodoros suficientes para dar servicio a los usuarios que se encuentren en el vestíbulo y pistas exteriores. Se considera primordial la existencia de una enfermería en el recinto ya que son varios deportes los que se van a practicar en el complejo y personas de varios rangos de edades por lo que es factible el caso de accidentes deportivos.

Es importante habilitar un acceso por ambos lados pues las personas accidentadas pueden llegar desde ambos lados, tanto de personas que practiquen fútbol o baloncesto en las pistas exteriores como las personas que se encuentren practicando deporte en el vaso de la piscina. También es útil para cualquier usuario que se encuentre en el complejo, así como las personas que se encuentren en el Gimnasio de la planta +1. Por el pasillo que resta entre aseos y enfermería se coloca el control de entrada a piscina mediante torno de seguridad. De esta manera puede controlarse las personas que acceden a la misma. En la parte del edificio de la piscina, se ha considerado dotar a la piscina de 4 vestuarios, 2 para hombres y 2 para mujeres, una sauna para los deportistas que consideren emplearla, 2 vestuarios para árbitros y jueces de competición y un amplio almacén dividido en 2 plantas donde poder guardar el equipamiento deportivo y la maquinaria necesaria. Para acceder a las gradas inferiores, se asciende a la planta 2 y desde esa planta se puede acceder a cualquier butaca del graderío mediante las escaleras presentes en las gradas. Las escaleras son de anchura > 1,20 m. para poder acoger a las personas en caso de evacuación sin necesidad de aglomeramientos. Atendiendo a la norma que permite regularizar la posición de las butacas de las gradas, se cumple que toda persona sentada en cualquier butaca del graderío tiene condiciones óptimas de visión.

Planta 1

En el caso de la planta +1, se encuentra a una cota +7.00 m. En él se ha ubicado un gimnasio con su pertinente equipamiento y vestuarios, justo encima del vestíbulo de la planta 0.

Continuando las escaleras que proceden desde el aparcamiento, junto con el ascensor accesible, se dispone de un vestíbulo en la planta +1 donde los usuarios del gimnasio pueden acceder a la zona de recuperación y bronceado donde encontrarán servicio de fisioterapia, masaje y solárium. En dicha zona se han dispuesto 2 vestuarios, diferenciados por sexos, y un pasillo de anchura 1,20 m. que delimita la zona frente al vestíbulo. A través del vestíbulo se accede a través de un pasillo a la zona del graderío reservada para las personas discapacitadas, donde disponen de 2 aseos accesibles diferenciados por sexos y visibilidad óptima del total de la superficie de la piscina. Al final del graderío se continúa el forjado para continuar el almacén que partía desde la planta 0. A través de él se dispone de un acceso a la zona interior de las gradas para asegurar trabajos de mantenimiento y revisión de las mismas.

Planta 2

En la última planta, el forjado se encuentra a una cota +11.00 m. En la parte del vestíbulo, el forjado no coge toda la superficie como en las plantas inferiores. La parte del gimnasio queda descubierta para, así de esta manera, mejorar la iluminación del mismo y dar mayor amplitud a la zona de fitness. Por tanto, el forjado parte desde las escaleras de acceso a la planta llegando hasta las gradas. En el espacio restante del vestíbulo se decide dotar una zona de cafetería para que los usuarios puedan tener servicio de hostelería lo cual atrae mayor número de personas y favorece la estancia en el complejo.

En el espacio de la piscina, a través de un pasillo en la parte posterior de las gradas al que se accede a través del vestíbulo de la planta 2, se puede acceder a todas las butacas del graderío mediante las 4 escaleras dispuestas en él de anchura suficiente para dar cabida a la evacuación de usuarios. En ambos lados de la zona de gradas, y continuando con el forjado, se implementan 2 aseos diferenciados por sexos en cada lado de las gradas para así tener que recorrer menor distancia desde las gradas para poder acudir al aseo. Todos los aseos construidos disponen de inodoro y lavabo accesible para cumplir las exigencias marcadas por el Código Técnico de la Edificación en el apartado 9 del Documento Básico de Utilización y Accesibilidad, en el que se exige un diámetro libre de obstáculos de 1,50 m. en el inodoro y estar comunicado con un itinerario accesible. Se muestra una imagen de la planta de distribución de la planta 2 de la alternativa planteada:

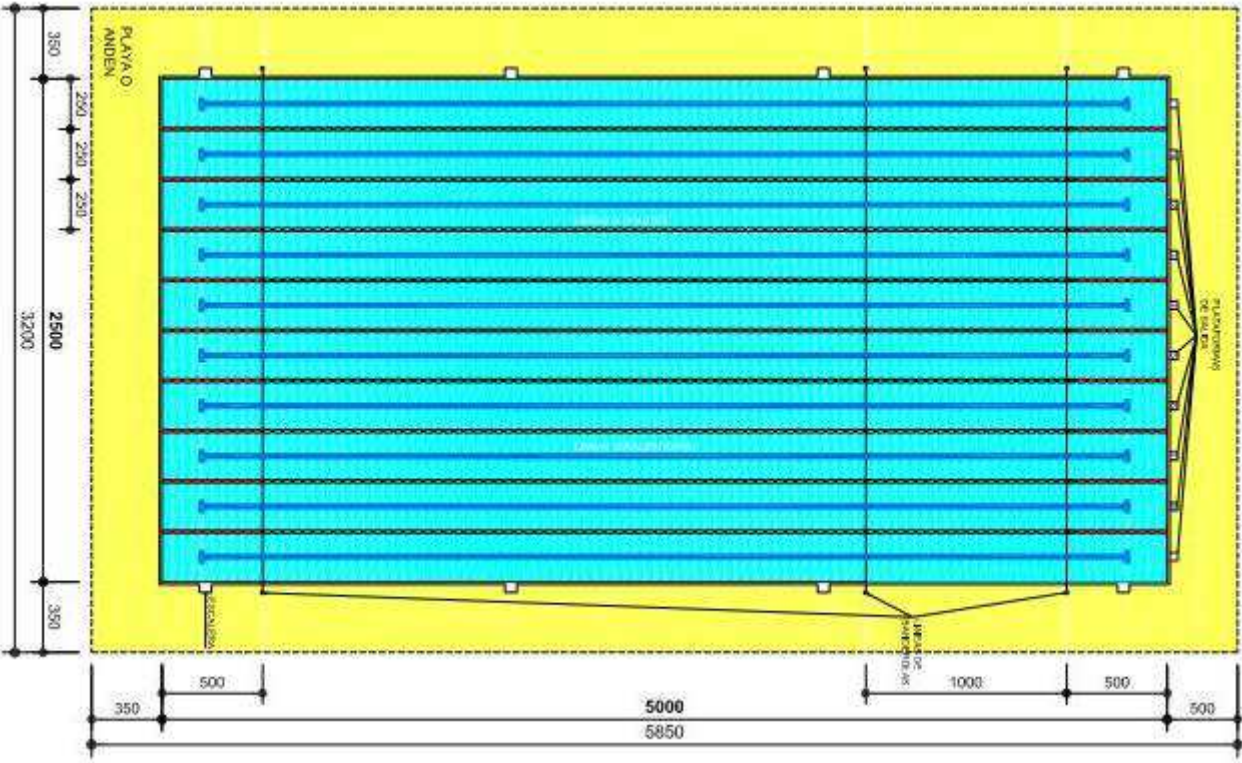


Imagen 6. Dimensiones de una piscina olímpica. Fuente: Real Federación Española de Natación.

Otro aspecto que marca la distribución es la presencia del vaso de la piscina. En esta primera alternativa se pensó en la construcción de una piscina olímpica de dimensiones de vaso 50x25 m. para poder albergar Campeonatos Mundiales de natación. El problema que se encontró es que, en caso de que querer organizar Campeonatos Mundiales, se requería la presencia de márgenes más amplios alrededor del vaso por lo que con lo diseñado no sería apta para ello. Además, sería necesario un vaso de calentamiento independiente

mientras que, en el caso de campeonatos nacionales, el calentamiento se realiza en el mismo vaso de piscina en la que se compite, pero 2 horas antes del comienzo de la competición. Aquí se muestra una imagen de las dimensiones que ha de cumplir un vaso olímpico que albergue competiciones internacionales:

Según la normativa NIDE 3 y el Reglamento General de la Real Federación Española de Natación, en la siguiente tabla se muestran los tipos de piscinas que se pueden construir y las características que ha de cumplir:

DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS	VASOS DE NATACION						
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
Longitud (m)	25,00	25,00	25,00	25,00	50,00	50,00	50,00
Anchura (m)	12,50	16,50	21,00	25,00	16,50	21,00	25,00
Profundidad mínima (m)	1,80 2,00(*)	1,80 2,00(*)	1,80 2,00(*)	2,00	1,80 2,00(*)	1,80 2,00(*)	2,00
Profundidad máxima (m) (*)	2,25	2,25	2,25	2,25	2,50	2,50	2,50
Nº calles	6	8	8	8	6	8	8
Ancho calles (m)	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Bandas exteriores (m)	2 x 0,25		2 x 0,50		2 x 0,75		2 x 0,50
Nivel	Entrenamiento Competiciones Locales y Regionales		Competiciones Nacionales (R.F.E.N.)		Campeonatos del Mundo (25 m)		Entrenamiento Competiciones Nacionales (R.F.E.N.) Campeonatos del Mundo, Jl. OO.

(*) valor recomendado

Tabla 4. Características de las piscinas en función del uso. Fuente: Normativa NIDE 3.

En un primer momento se ideó el construir una piscina tipo N7 en la parcela, pero tras realizar un estudio de las piscinas disponibles en la Comunidad Valenciana y más concretamente en la provincia de Alicante, y unido a las necesidades que requiere una piscina de ese tipo, se consideró la posibilidad de construirse una piscina olímpica tipo N6. Ya existe una piscina tipo N7 en la Comunidad Valenciana, concretamente la Municipal de Castellón la cual alberga competiciones internacionales. Por ello, tras estudiar la oferta de piscinas climatizadas en Alicante y oferta de instalaciones deportivas en el municipio de Jávea, se encontró una demanda vecinal que lleva años haciéndose hacia los gobiernos locales y que a día de hoy todavía no han encontrado respuesta. Tal y como se indica en el estudio de demanda, existe una plataforma online (www.change.org) en la que el profesor de la Universidad de Alicante, José Miguel Martínez, promueve la construcción de una piscina climatizada en Jávea. Dicha idea lleva varios años entre la población y han sido varias las peticiones que le han realizado a los gobiernos que han pasado por el municipio sin ser satisfecha dicha petición. Éste fue uno de los motivos de mayor peso por el que la presente alternativa quedaba descartada rápidamente tras realizar un análisis sobre ella.

En lo que a la disposición del graderío y vaso de la piscina se refiere, al comienzo se plantea la opción de invertir su posición, pero se buscaba la máxima iluminación natural y por ello se decide que la fachada Este estuviese libre de obstáculos para poder acoger la máxima luz solar posible el mayor número de horas. Precisamente para ello se diseña una cristalera con ventanas en la fachada Este con la intención de facilitar el mayor paso de luz y calentamiento natural del recinto en épocas invernales y con la posibilidad de la apertura de ventanales facilitar la refrigeración en verano del mismo. Otro de los motivos por el que se decide por dicha distribución de espacios fue los accesos rodados. Siendo conscientes de que se iban a disponer 2 rampas de acceso a las plantas de aparcamiento subterráneo, éstas habían de ir en una de las

fachadas longitudinales debido al espacio necesario para ubicarlas. En la fachada Oeste no se consideró conveniente ya que lindaría con una posible futura construcción y el acceso y salida se haría por una calle de un único sentido lo cual imposibilita tal opción. Sin embargo, la fachada Este está orientada a una calle de amplias dimensiones con 2 carriles por sentido y medianera en el centro. Ello facilitó la elección de situar los accesos rodados en dicha fachada y aprovechar la fachada longitudinal trasera para acceso de bomberos y escaleras de emergencia, para lo que hay espacio suficiente.

En términos estructurales, en esta primera alternativa no se tuvo en cuenta la prioridad de dar continuidad a los pilares del aparcamiento y se diseñaron las estructuras por separado. Mientras que en las plantas del aparcamiento sí que se realizó una malla de pilares y se realizó la distribución de plazas de aparcamiento y calles de circulación en función de la estructura, en las plantas superiores no se realizó de esta manera en un principio. Además, en un principio se distribuyeron los espacios auxiliares y servicios de los que se quería dotar al recinto y posteriormente vino la ardua tarea de hacer cuadrar los pilares en la distribución realizada. De ahí que hay espacios en los que hay pilares que sería conveniente que no estuviesen para entorpecer itinerarios accesibles o zonas auxiliares. La cuestión que más o menos se fijó fue la de realizar la estructura del aparcamiento en hormigón y la del edificio en acero. Dada la situación de la parcela tan próxima del canal de la Fontana y del mar, y encontrándose en un terreno altamente inundable, era previsible que el nivel freático se encontrase muy próximo a la superficie. Por ello se acuerda el realizar la cimentación mediante losa de hormigón que soportase las subpresiones del terreno y de ahí que partan los pilares de hormigón que sustenten la estructura del aparcamiento. En el perímetro del aparcamiento se lleva a cabo la construcción de muros pantalla, cuyas dimensiones y disposición se especifican en el anejo correspondiente. En la parte inferior del vaso de la piscina, en la planta -1, no puede circularse por no haber la altura suficiente para ello por lo que se disponen de pilares de reducida altura con el objetivo de soportar el vaso de la piscina y poder acceder a la parte inferior para llevar a cabo acciones de revisión o mantenimiento del mismo.

Uno de los motivos por los cuales se declina esta alternativa es el desperdicio de espacio en el interior del recinto y la diferencia tan amplia entre espacios próximos. Comenzando por el vestíbulo, una vez realizada la distribución, puede comprobarse el desorbitado espacio libre sin uso disponible en la entrada al vestíbulo. Ello hizo replantear la alternativa y probar otras variantes. Además, era palpable los cambios de sección en zonas en las que se pasaba de 7 m. de anchura a 1,2 m. como es el ejemplo del vestíbulo donde se accede al pasillo que lleva a zona de vestuarios. Al llegar a la planta +1 ocurre algo similar, en la salida de las escaleras y ascensor accesible se dispone de un amplio espacio libre de estancia para posteriormente recorrer un largo pasillo para poder acceder únicamente a la zona de graderío habilitada para discapacitados. Sería más conveniente que el acceso a dicha zona estuviese más próximo del ascensor para así de esta manera tener que recorrer menor distancia. En el caso de la planta +2, una vez terminada la distribución, se antoja un tanto extraño el hecho de tener que subir 2 plantas para poder tener servicio de cafetería y que ésta se encuentre enfrentada a la única salida de gradas hacia el vestíbulo. Ello podría entorpecer el paso de la multitud de usuarios. Además, en el pasillo de la planta +2 posterior quedaba un pasillo de anchura demasiado reducida, pese a cumplir con la anchura mínima que marca el CTE en su apartado de accesibilidad, para el número de personas que pueden transitar.

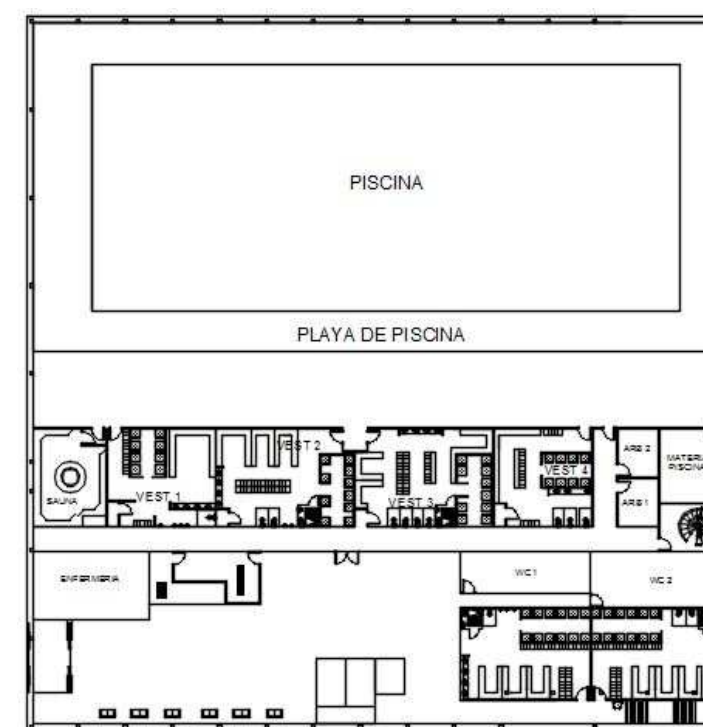
4.2. Alternativa 2 de la distribución interior

En esta segunda alternativa, después de errar en la primera de ellas, se intentan corregir los fallos que se cometieron en la primera distribución que se realizó y mejorar la disposición de los espacios para intentar crear el mayor número de servicios posibles adaptado a la demanda vecinal y estando siempre sujetos a la normativa vigente. Manteniendo el número de plantas, la altura de edificio y los accesos al mismo, se replantea nuevamente la distribución del mismo.

Dado que, tal y como se indica anteriormente se decide apostar por una piscina olímpica de dimensiones de vaso 50 x 21 m. para poder albergar campeonatos oficiales nacionales en lugar de 50 x 25 m. con la que se pueden organizar Juegos Olímpicos, en esta nueva alternativa se rectifica las dimensiones del vaso reduciendo 4 metros la anchura del mismo. Ello permite aproximar las gradas a la piscina y ganar espacio para otros usos, además de mejorar la visibilidad de los usuarios. En el caso de seguir llevando a cabo la opción de construir un complejo deportivo en el que poder celebrarse Juegos Olímpicos de Natación, la normativa exige un vaso olímpico de 50 x 25 m. además de una piscina de calentamiento de dimensiones de vaso 25 x 16 m. En ese caso, la primera planta del aparcamiento quedaría inutilizada casi en su totalidad ya que no habría suficiente altura en dicha planta para poder dotarla de uso como aparcamiento. Se planteó la opción de realizar una tercera planta de aparcamiento, pero dada la cercanía con la costa y con ello el alto nivel freático, profundizar aún más en la cimentación se antojaba una actuación bastante problemática y que necesitaría de una cimentación muy importante y de gran coste.

Ello, unido a la poca necesidad de una piscina que albergue Juegos Olímpicos en una localidad como Jávea, hizo descartar la opción de una piscina de dimensiones de vaso de 50 x 25 m. reduciendo ésta a 50 x 21 m. con la que poder celebrar Competiciones Nacionales.

Para disponer de varias posibilidades y no dejar pasar ninguna alternativa, también se planteó la opción de variar la distribución girando todo 90º, incluido el vaso de la piscina quedando una distribución provisional de la siguiente manera:



En la planta baja se mantiene el acceso por la fachada Este longitudinal ya que se considera importante que la entrada/salida se encuentre en una de las fachadas principales para facilitar el tránsito de los usuarios. Además, estéticamente se considera mejor solución que el alzado “principal” se encuentre en la calle más importante y con mayor tránsito de vehículos.

Por eso, las 2 posibilidades que existen en el caso del presente proyecto es ubicar los accesos en la Avenida Augusta o en la Calle Florencia. En el caso de la primera, es junto con la Avenida del Mediterráneo, una de las avenidas con mayor tránsito de vehículos de la bahía de Jávea lo que sería buena opción que los accesos estuviesen en dicha dirección. En el caso de la Calle Florencia, conecta con el Carrer del Cap de la Nau Placita que recorre la localidad de Jávea de norte a sur en paralelo a la costa por lo que es una de las principales puertas de acceso a la zona donde está ubicada la parcela. En contra de esta última opción, decir que la Calle Florencia tiene una capacidad de vehículos menor que la Avenida Augusta. En ésta última, existen 2 carriles por sentido con una medianera ancha y zonas verdes lo que el tránsito de personas a pie o bicicleta será mucho mayor que por la Calle Florencia.

Por tanto, es por ello por lo que se opta por ubicar la fachada principal y acceso principal mirando a la Avenida Augusta. A continuación, se muestran unas imágenes aéreas de los accesos al recinto:



Imagen 7. Vista aérea de la costa de Jávea. Fuente: Google Maps.



Imagen 8. Vista aérea de la parcela objeto de estudio. Fuente: Google Maps.

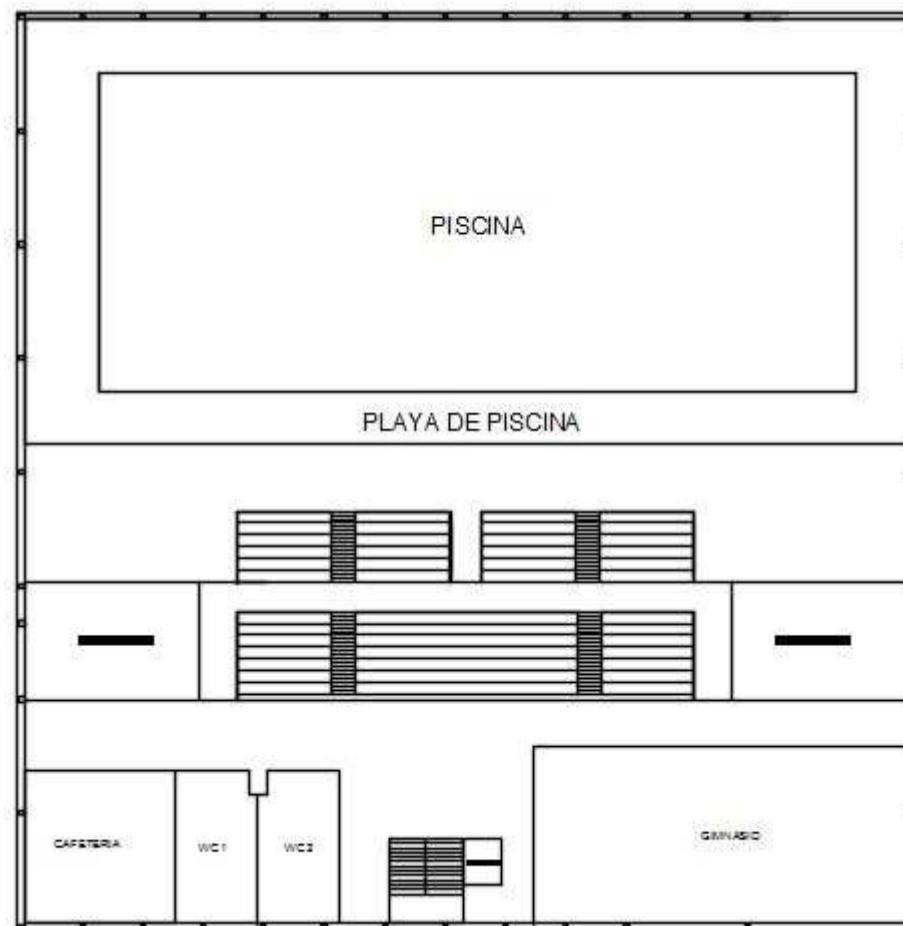
Tal y como se muestra en la imagen de la distribución de la planta 0, en el vestíbulo de entrada se encuentra la recepción, las escaleras y ascensor accesible que proviene desde la planta -2. Además, dado que en la anterior alternativa se encontraba el vestíbulo muy desértico, se ha puesto especial empeño en intentar no disponer de grandes espacios en desuso. Por ello, se decide ubicar los vestuarios del gimnasio en la planta baja, con una escalera propia interior que accede al gimnasio en la planta +1. Para facilitar la accesibilidad de personas de movilidad reducida se decide incorporar un sistema de elevación en las escaleras internas del gimnasio para evitar que tengan que usar el ascensor común. La altura a salvar es 3,5 m. hasta alcanzar el forjado de la planta +1.

Para servicio de aseos, se antojan necesarios para los usuarios del vestíbulo la disposición de unos aseos en la planta baja. En la zona central del vestíbulo, enfrente de las escaleras y ascensor, se encuentra el acceso a la zona de vestuarios y piscina. Una vez en dicha zona, se dispone de la misma distribución de espacios que se acordó en la alternativa anterior. Dichos espacios se considera que se encontraban adecuadamente distribuidos y con el número suficiente tanto de vestuarios como de aseos y aseos accesibles, tal y como indica el Código Técnico de la Edificación. Por tanto, los cambios en este aspecto son reducidos, manteniendo 4 vestuarios para ambos sexos, sauna, vestuarios para árbitros y jueces de competición y cuarto de almacén donde ubicar la maquinaria de piscina y climatización necesaria y equipamiento para competiciones deportivas de natación y waterpolo.

Por razones de comodidad y salubridad, se ha querido mantener la disposición de los espacios relacionados con la piscina con acceso directo a la misma. De ahí que tanto sauna como vestuarios y almacén tengan acceso directo al vaso de la piscina. De esa manera se evita que los usuarios que se encuentren

practicando deporte en el vaso no tengan que recorrer grandes distancias para poder acceder a los vestuarios. Y lo mismo ocurre en sentido contrario, cuando se quiere acceder desde vestuarios a piscina es conveniente no tener que desplazarse en exceso para comodidad de los usuarios y el aprovechamiento de espacios.

En la planta +1, la cual se encuentra a una cota +6,5 m., se ubica el acceso a pasillo intermedio de graderíos. Además, se encuentra la sala de gimnasio, la zona de cafetería y unos aseos en el vestíbulo de la planta, próximos a zona de cafetería. Estos aseos son lo suficientemente grandes como para dar servicio a los más de 700 usuarios que pueden encontrarse en el graderío, junto con los más de 200 usuarios que pueden estar encontrándose en esos momentos en el recinto entre trabajadores, deportistas, etc. Se muestra una imagen de la distribución provisional de la planta +1 de la presente alternativa planteada:



Por razones de visibilidad, aspecto limitante en la ubicación y organización del graderío, se puede aproximar las gradas a 7,94 m. del borde de la piscina y a 4,44 m. de la playa de piscina, espacio de 3,5 m. reservado en el lado longitudinal del vaso para posibilitar la circulación de los usuarios alrededor del vaso, controlar la competición y separar la lámina de agua de otras zonas.

Para el acceso a los graderíos, se accede desde la planta +1 a través del pasillo intermedio en el cual se puede acceder tanto a las gradas inferiores como a las gradas superiores a través de las escaleras integradas

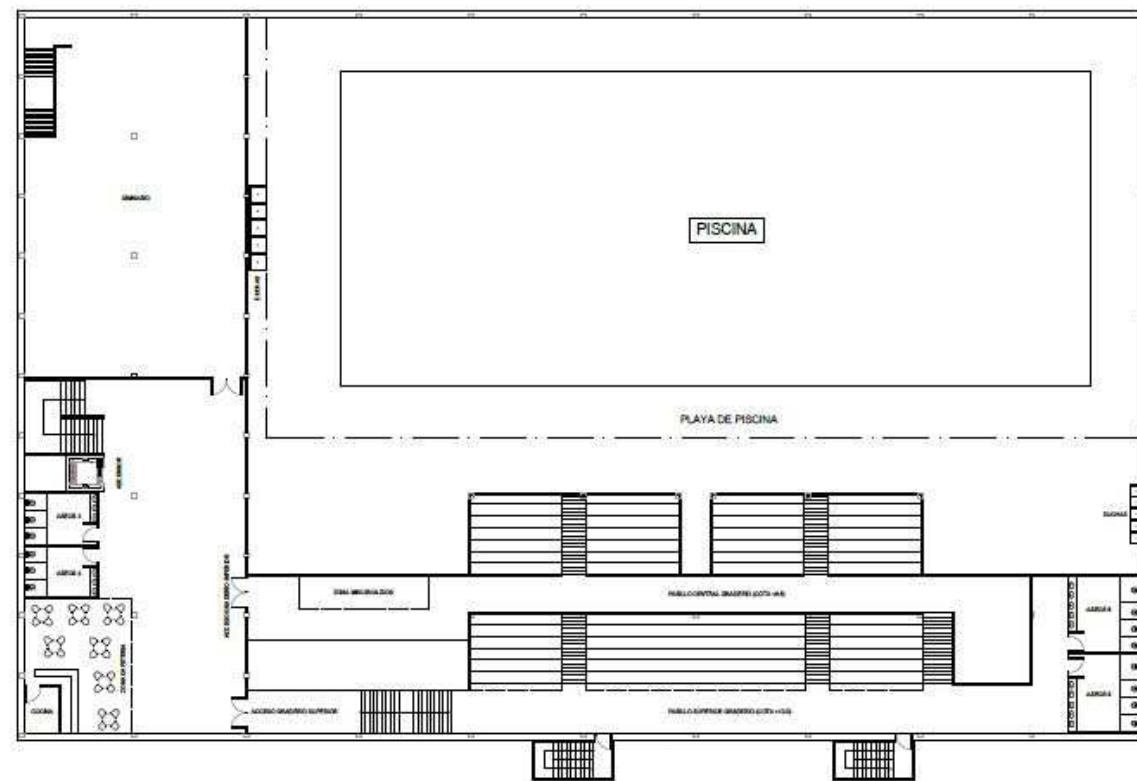
en las gradas. En ambos laterales del graderío se habilitan zonas de minusválidos para que tengan acceso plano desde el ascensor accesible hasta dicha zona y tener visibilidad óptima desde ambas zonas habilitadas, siempre sin entorpecer la línea de visión de ningún punto del graderío.

La última fila de espectadores se encuentra a una cota de +10,3 m. a la cual se accede a través de las 2 escaleras del graderío superior.

Uno de los inconvenientes que se le encuentra a esta disposición de la distribución es la localización de salidas de evacuación. Manteniendo el graderío en la posición actual, sería necesaria una escalera de evacuación en ambas fachadas longitudinales desde la cota +6,5 m. hasta la cota +3,00 m. que es la cota a la que se encuentra la superficie exterior. Desde el primer momento en el que se comienza el presente proyecto se busca la seguridad estructural, la optimización, la funcionalidad y la belleza. Se ha querido dotar a la construcción de un diseño actualizado y acorde a la urbanización del entorno dada la situación próxima a la costa y el entorno marítimo. Con ello se intenta amortiguar el impacto visual que supone en dicha situación la construcción de un edificio de dimensiones elevadas como las del presente proyecto.

4.3. Alternativa adoptada de la distribución interior

Tras realizar y analizar 2 posibles soluciones de la distribución interior del edificio, y tras rechazar ambas por las razones mencionadas en los 2 apartados anteriores, llegamos a la solución óptima. Tras descartar la opción del vaso de piscina de dimensiones olímpicas, ello permitía poder aproximar las gradas al vaso. Con ello se consigue un pasillo posterior al graderío de dimensiones suficientes para poder albergar a los usuarios y permitir su evacuación en caso de emergencia. Se opta por reducir las dimensiones del edificio que inicialmente se proyectó ya que se prefiere dotar de servicios deportivos en superficie y no era necesaria mayor superficie interior para dotar de los servicios que se quiere. Se intenta limitar los grandes espacios libres de servicios para que todo quede lo más próximo posible y con ello reducir las distancias a recorrer por los usuarios en el interior. Ello también facilita la evacuación del interior del mismo en caso de emergencia.



Dado que al recinto se le quiere dotar de más usos aparte del de piscina climatizada, son necesarios una serie de espacios para poder ubicar diferentes habitáculos. Tal y como se ha comentado anteriormente, la construcción de una piscina climatizada donde albergar campeonatos nacionales convocados y organizados por la Real Federación Española de Natación ya implica la construcción de un mínimo de vestuarios, tanto para participantes como para jueces y árbitros.

Todo ello, además de los usuarios del municipio y alrededores que quieran practicar natación. Además, se ha querido habilitar un espacio donde ubicar una sauna con el fin de aclimatar a los participantes o usuarios próxima a la playa de la piscina. Se ha realizado de tal manera que los participantes o usuarios de piscina tengan acceso directo a la misma sin tener que desplazarse por suelo de pies calzados.

Con ello se mantienen las condiciones de higiene y sanidad. Se antoja necesario un almacén de dimensiones considerables donde poder almacenar toda la maquinaria relacionada con el mantenimiento de la piscina, así como el equipamiento de campeonatos y natación. Aprovechando el espacio subterráneo empleado para la construcción del aparcamiento y dado que el edificio que alberga la piscina no ocupa todo ese espacio por cuestiones constructivas y de aprovechamiento y eficiencia, se ha decidido emplear parte de la superficie como zona deportiva donde ubicar unas pistas deportivas (1 de fútbol sala y 2 de baloncesto).

Para comodidad de los usuarios y mantener la independencia de cada vestuario con su deporte relacionado, se decide llevar a cabo la construcción de una pequeña edificación donde ubicar 2 vestuarios accesibles en las proximidades de las pistas deportivas. Con ello se consigue que los usuarios no tengan que acceder al edificio para poder asearse y tengan servicio de aseo a una distancia muy reducida.

En lo que respecta a la planta baja, tras analizar las 2 alternativas anteriores, se decide mantener la disposición del vaso de piscina y gradas de la alternativa 1 pero con la modificación de dimensiones del vaso pasando de 50 x 25 m. a 50 x 21 m. lo cual permite reducir la distancia de gradas al vaso mejorando la visibilidad de los usuarios del graderío. Además, con ello se permite obtener un pasillo posterior a las gradas enrasado con la última fila de asientos por el cual se tiene 1 acceso más a gradas y se consigue un itinerario más de evacuación. Desde dicho pasillo se podrá acceder a las escaleras exteriores de emergencia que llevan a la superficie. Una vez fijada la piscina y las gradas, es turno de los vestuarios. Éstos se han mantenido con la misma distribución y misma geometría que en la alternativa 1, con la diferencia de que en presente distribución de pilares se han reorganizado los espacios de tal manera que no haya ningún pilar entorpeciendo el uso de los mismos.

De ésta manera, todo usuario que acceda al pasillo de vestuarios tendrá acceso directo al vaso de piscina tanto desde la sauna como desde cualquiera de los vestuarios disponibles. En sentido contrario ocurre lo mismo, toda persona que se encuentre en la piscina podrá acceder a los vestuarios y a la sauna despasándose por zonas de pies descalzos.

En relación al vestíbulo de entrada al edificio, se ha modificado de tal forma que los espacios están más aprovechados y no hay tantos cambios de sección entre zonas cercanas como en las alternativas anteriores. Realizando una mezcla entre ambas alternativas propuestas, se apuesta por ubicar los vestuarios del gimnasio en la planta 0 en la zona más próxima a la entrada.

De esta manera se distancia la zona de gimnasio con la zona de piscina y los usuarios de cada deporte no han de cruzarse ni compartir vestuarios pues deberían ser de mayores dimensiones y no habría espacio. Por ello, tanto los usuarios que deseen acceder a vestuarios de piscina como los que quieran entrar al gimnasio, ambos pasarían por delante de recepción lo cual facilita el control de personas. Además, se instala un

sistema de control de acceso a la entrada de ambos vestuarios para tener mayor control y seguridad en el recinto. Desde el pasillo de los vestuarios del gimnasio parte una escalera que desembarca en la planta +1 donde se encuentra el gimnasio. Teniendo muy en cuenta la accesibilidad en el proyecto, los vestuarios de los gimnasios también son accesibles para personas minusválidas y se instala un sistema de elevación de personas minusválidas en las escaleras del gimnasio. De esta forma existen 2 vías de acceso al gimnasio para las personas discapacitadas, tanto el ascensor accesible como el citado sistema de elevación que se muestra a continuación:



Imagen 9. Elevador para discapacitados. Fuente: www.medelascenos.com.

El sistema escogido permite salvar escaleras con una inclinación entre 20º y 45º, con una zona inicial libre de obstáculos de longitud 1,50 m. En el caso del presente proyecto, las escaleras a salvar tienen una inclinación de 30º y dispone de espacio libre de obstáculos muy por encima de lo que indica el proveedor y a la normativa.

Una vez se accede al gimnasio se dispondrá de todo tipo de equipamiento necesario para dar servicio a los usuarios. Existirá una puerta de emergencia a través de la cual se podrá acceder desde el gimnasio a la zona común de la planta +1 para disponer de varias salidas disponibles.

Las escaleras y ascensor accesible continúan el hueco desde la planta -2 del aparcamiento hasta la planta +1 del edificio. Para lo cual se ha escogido un ascensor accesible de grandes dimensiones y capacidad para dar cogida al aforo de personas del recinto.

Continuando con la distribución de la planta 0, se han dispuesto unos aseos accesibles en el lugar donde estaban ubicados los vestuarios del gimnasio en la alternativa 2 de manera que esté cerca de recepción y próximo a las escaleras y ascensor que son las zonas más transitadas por los usuarios que regentan el edificio. Enfrentada a los aseos se encuentra la enfermería del recinto. Cuenta con una amplia superficie y acceso directo al vaso de la piscina y al vestíbulo. Así, en caso de accidente tanto en la piscina como en el gimnasio o en las pistas deportivas exteriores, la distancia a recorrer sea la mínima posible. Por ello se ha buscado el que estuviese lo más centrada posible respecto a la superficie útil de la parcela. Junto a la enfermería y los aseos del vestíbulo se encuentra el acceso al pasillo de vestuarios de la piscina, en el cual se establece un segundo sistema de control del paso de usuarios para tener controlado en todo momento los usuarios presentes en el edificio. Tanto el pasillo de vestuarios como escaleras son de anchura > 1,20 m. para cumplir la normativa del CTE del apartado de accesibilidad, así como las puertas de paso las cuales se han proyectado de anchura 92,5 cm. con la intención de mejorar el paso de los usuarios de silla de ruedas. Tal y como se ha reiterado en el presente estudio, la accesibilidad ha sido un pilar que se ha tenido muy en cuenta a la hora de proyectar la presente construcción, haciendo cumplir las indicaciones marcadas por el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad. A continuación,

se muestra una tabla comparativa en la que se detallan los aspectos más importantes a cumplir de dicha norma:

Exigencia CTE-DBSUA	Proyecto
1 plaza reservada para usuarios de silla de ruedas por cada 100 plazas de parking	16 / 524
1 aseo accesible por cada 10 instalados	Si
En cada vestuario:	
1 cabina accesible como mínimo cada 10 instaladas	Si
1 aseo accesible por cada 10 instalados	Si
1 ducha accesible por cada 10 instaladas	Si
1 punto de atención accesible en zonas de atención al público	Si
Mecanismos accesibles en todo el recinto	Si
Diámetro de 1,50 m. libre de obstáculos en:	
Vestíbulo de entrada	Si
Al final de pasillos de longitud > 10 m.	Si
Frente a ascensores accesibles	Si
No habrán escalones	Si
Anchura libre de paso > 1,20 m. en pasillos	> 1,20 m.
Anchura libre de paso > 0,80 m. en puertas de paso	0,90 m.
Mecanismos de puertas a una altura entre 0,80 - 1,20 m.	0,90 m.
Felpudos y moquetas encastrados al suelo	Si
Puertas abatibles hacia el exterior en servicios higiénicos accesibles	Si
Puertas automáticas abiertas en caso de emergencia	Si

Tabla 5. Exigencias mínimas a cumplir en materia de accesibilidad. Fuente: Propia.

Tal y como se indica en la tabla adjunta y se indicó en el apartado del aparcamiento del presente estudio, el número de plazas reservadas para usuarios de silla de ruedas exigido por la norma es de 1 por cada 100 plazas o fracción. Siendo 524 las plazas de aparcamiento resultantes, se exige un mínimo de 6 plazas reservadas para usuarios de silla de ruedas. Para dar mayor servicio y estar del lado de la norma, se han dispuesto 16 plazas reservadas próximas al vestíbulo de acceso a escaleras y ascensor accesible para mejorar la accesibilidad y facilitar la movilidad de los usuarios de silla de ruedas, encontrándose comunicadas con el acceso peatonal mediante itinerario accesible.

En el caso de los aseos y vestuarios, en el anejo de instalaciones y accesibilidad de vestuarios se hace un análisis más exhaustivo de la norma y las soluciones adoptadas. Pese a ello, el número de aseos, duchas y cabinas accesibles instalados en el proyecto cumple las exigencias marcadas por el CTE como puede verse en plano pertinente. Siempre se ha respetado la imposición de que por cada 10 duchas ha de haber 1 cabina accesible.

La exigencia marcada por la normativa en lo referente al punto de atención accesible refiriéndose al mostrador de recepción del vestíbulo de entrada del edificio, cumple con las condiciones siguientes:

- Se encuentra comunicado con la entrada principal accesible del edificio mediante un itinerario accesible pues está a escasos metros de la entrada/salida del mismo.
- El plano de trabajo tiene una anchura > 0,80 m., se encuentra a una altura de 0,80 m. y se dispone un espacio libre inferior de dimensiones 0,70 x 0,80 x 0,50 m. (altura x anchura x profundidad).
- No se dispone de dispositivo de intercomunicación al no haber cristalera que impida la correcta audición y comunicación.

Estas condiciones se cumplen de igual manera en la barra de la cafetería de la planta +1.

Los mecanismos instalados en el proyecto son accesibles al 100% tal y como exige el CTE. Estos cumplen las siguientes condiciones:

- Se encuentran a una altura de 0,90 m. respecto el suelo los elementos de mando y control y a 0,40 m. las tomas de corriente y señal.
- Son todos los interruptores y pulsadores de fácil accionamiento mediante puño cerrado, codo o mano. En el caso de los vestuarios y aseos, éstos son de accionamiento automático con detector de movimiento lo cual facilita el encendido en caso de presencia de usuarios y el apagado en caso contrario. Ello supone una comodidad para usuarios y un ahorro energético para el edificio.

En el caso de las puertas de entrada, al tratarse de una puerta automática de 2 hojas con un ancho de paso > 0,80 m. se considera accesible ya que se mantendrán abiertas en caso de emergencia para facilitar la evacuación de usuarios.

Con el objetivo de hacer del presente proyecto un edificio totalmente adaptado a las personas de movilidad reducida, facilitando el acceso y utilización independiente y segura del mismo, quedan señalizados los siguientes elementos:

ELEMENTOS	MEDIDAS
Entrada al edificio accesible	Simbolos Internacionales de
Itinerarios accesibles	Accesibilidad + flecha
Plazas de aparcamiento accesibles	direccional
Servicios higiénicos accesibles	
Servicios higiénicos de uso general	Pictogramas normalizados
Ascensor accesible	Simbolos Internacionales de
	Accesibilidad

Tabla 6. Medidas a realizar en materia de accesibilidad. Fuente: Propia.

En el caso del ascensor accesible contará también con indicación en Braille y arábigo en alto relieve del número de planta a una altura comprendida entre 0,80 - 1,20 m. Los pictogramas normalizados de sexo empleados en la indicación de los servicios higiénicos de uso general serán en alto relieve y con contraste cromático junto al marco de la puerta.

Por lo que respecta a la planta +1, finalizan las escaleras y ascensor accesible provenientes del aparcamiento. Tal y como se ha indicado, se encuentra la sala de gimnasio y la zona de hostelería. Desde dicha planta, a través de una puerta doble de paso se accede al pasillo intermedio del graderío a través del cual los usuarios pueden acceder tanto a las gradas inferiores como a las superiores. Se ha habilitado un espacio para minusválidos con visibilidad óptima para poder disfrutar del espectáculo con comodidad y sin entorpecer la visión del resto de usuarios. Tal y como exige el Código Técnico, se ha de respetar un espacio para usuarios de sillas de ruedas por cada 100 asientos de graderío. Dado que la capacidad de las gradas es entre la parte inferior y superior 698 asientos, había de respetarse un espacio para un mínimo de 7 usuarios de sillas de ruedas. Para ello se ha impuesto una zona, a la cota del pasillo central de gradas, en la cual la capacidad de usuarios de sillas de ruedas es de 12 usuarios, por lo que la capacidad total de personas en el graderío es de 710 usuarios.

Además, se han instalado unos aseos accesibles próximos a la zona reservada para minusválidos con la intención de que estos tengan que recorrer distancias muy reducidas para disponer del servicio. Desde la planta +1 parten unas escaleras, pegadas a la fachada longitudinal posterior, a través de las cuales se accede al pasillo de la parte superior del graderío a través del cual se puede acceder a gradas, aseos o escaleras de emergencia ubicadas en la fachada posterior. Dicho pasillo se encuentra a la cota +7,00 m. respecto la planta 0. El pasillo intermedio de gradas se encuentra a la cota +3, 50 m. respecto a la planta 0 también.

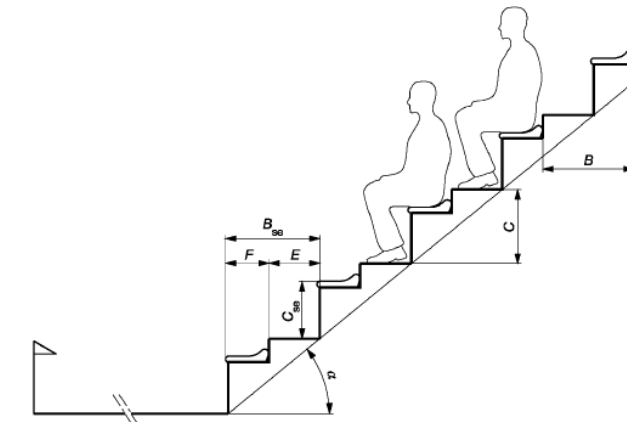
Para determinar la geometría y situación del graderío tuvieron que realizarse una serie de cálculos y comprobaciones que exige la norma española UNE_EN 13200-1 "Instalaciones para espectadores. Parte 1: Características generales para espacios de visión de espectadores". En la misma normativa se presentan a veces los valores mínimos y valores recomendados para las dimensiones, habiéndose escogido para los cálculos pertinentes los valores recomendados por la misma norma. Las principales comprobaciones son:

- Espacios de visión

El espacio de visión debe permitir a todos los espectadores la visión sin obstrucciones del espacio de actividad en todas las direcciones.

Todos los pasillos y pasarelas del espacio de visión pueden estar en un plano recto o inclinado, o pueden estar formados por escalones con una elevación máxima recomendada de 200 mm y una huella mínima recomendada de 250 milímetros. Sin embargo, la inclinación máxima no debe ser superior a 35°.

Todos los pasillos y pasarelas se deben diseñar también de tal modo que las personas con necesidades especiales se puedan desplazar con facilidad e independencia.



A continuación, se observan los valores que se adoptarán cuando las plazas de asiento consistan en bancos en el graderío inferior:

- B_{se} Dimensión de la huella en las plazas de asiento (profundidad de la fila de asientos) ($B_{se} = B$) → 780 mm
- B Distancia entre un espectador y el espectador situado detrás. → 780 mm
- C_{se} Diferencia de nivel entre el asiento y la huella o el pasillo inferior. → 400 mm
- C Dimensión de la contrahuella del escalón. → 400 mm
- α Ángulo de inclinación de la base. → Máximo 35°

A continuación, se observan los valores que se adoptarán cuando las plazas de asiento consistan en bancos en el graderío superior:

- B_{se} Dimensión de la huella en las plazas de asiento (profundidad de la fila de asientos) ($B_{se} = B$) $\rightarrow 780$ mm
- B Distancia entre un espectador y el espectador situado detrás. $\rightarrow 780$ mm
- C_{se} Diferencia de nivel entre el asiento y la huella o el pasillo inferior. $\rightarrow 420$ mm
- C Dimensión de la contrahuella del escalón. $\rightarrow 420$ mm
- α Ángulo de inclinación de la base. $\rightarrow$ Máximo 35°

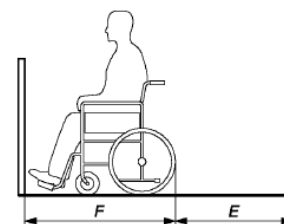
Se deben incluir espacios de visión accesibles a todos los grupos de discapacidad, y deben estar ubicados alrededor de la instalación, en un número suficiente para permitir a los espectadores con necesidades especiales un margen adecuado de opciones de visión con una calidad apropiada de visión.

De la tabla 1 del capítulo 5.4 de la norma UNE-EN 13200-1 “Instalaciones para espectadores. Parte 1: Características generales para espacios de visión de espectadores.”, se puede extraer que, para una capacidad de puestos menor de 1600, el número recomendado de espacios para sillas de ruedas es mínimo de 8.

Las disposiciones relativas a los asientos para espectadores son las siguiente:

- Los usuarios de sillas de ruedas deben poder maniobrar con facilidad hasta ocupar un espacio que les permita una visión clara del evento.
- Los usuarios de sillas de ruedas deben tener la opción de poder sentarse junto a otra persona, discapacitada o no.
- Algunos asientos deberían estar ubicados de modo que un perro guía pueda acompañar a su propietario y permanecer delante o debajo del asiento.

Por todo lo dispuesto anteriormente, las dimensiones recomendadas para las plazas son de 1400 mm x 1400 mm. Estas medidas permiten el espacio suficiente para que un acompañante por silla de ruedas se siente a su lado en un asiento fijo o móvil.



Leyenda

- E Anchura libre de paso
- F Profundidad de la plaza

En el Documento nº 2 – Planos, en los planos de distribución en planta de la piscina, se puede observar este espacio habilitado para personas con necesidades especiales, cumpliendo con todos los requisitos anteriores.

- Línea de visión

Las líneas de visión deben permitir que todos los espectadores tengan una visión clara del evento en el espacio de la actividad, sin obstrucciones por personas situadas delante, por soportes del tejado o por otros obstáculos.

Los puestos deben respetar el valor mínimo de la distancia horizontal D entre los ojos de un espectador situado a la altura A y el punto más cercano de enfoque P a lo largo de la línea de visión, como resultado de la interpretación geométrica y de la fórmula de cálculo siguiente:

$$D = (a \cdot B) / (C - V)$$

Donde

- A Altura de los ojos.
- B Distancia desde un espectador hasta el espectador situado detrás.
- C Dimensión de la contrahuella del escalón.
- h Altura del punto de interés P . $\rightarrow h = 0$ por tratarse de una piscina.
- D Distancia horizontal entre los ojos del espectador situado a la altura y el punto de enfoque más cercano
- P Punto de enfoque más cercano a lo largo de la línea de visión. $\rightarrow$
- V Distancia vertical desde los ojos de un espectador hasta la parte superior de la cabeza: 120 mm (recomendada). El valor $C - V$ se debería medir desde la parte superior de la cabeza de la persona sentada en la fila delantera hasta el nivel de los ojos de la persona sentada en la fila trasera.
- a $A - h$ (diferencia entre la altura de los ojos y la altura del punto de interés).

La fórmula para someter a ensayo el valor V de la distancia vertical desde los ojos de un espectador hasta la parte superior de la cabeza es la siguiente:

$$V = C - (a \cdot B) / D$$

Resultando para el graderío inferior:

$$V = C - (a \cdot B) / D = 400 - (3850 \cdot 780) / 11840 = 146,37 \text{ mm}$$

Para estos valores el ángulo de inclinación de la base, α es de $27,15^\circ$, cumpliendo la limitación máxima de 35° .

Resultando para el graderío superior:

$$V = C - (a \cdot B) / D = 420 - (7800 \cdot 780) / 19880 = 113,96 \text{ mm}$$

Para estos valores el ángulo de inclinación de la base, α es de 28, 30º, cumpliendo la limitación máxima de 35º.

La línea del inicio de las gradas inferiores se encuentra a 7,2 m. del vaso de piscina, medido perpendicularmente al vaso. Por razones de visibilidad y exigencias de la normativa técnica de instalaciones deportivas y piscinas, dicha distancia no podía reducirse más ya que se entorpecería la visión de los usuarios posteriores. La primera fila de asientos está a una altura de 0,7 metros sobre la rasante del vaso de la piscina. Por lo tanto, se han intentado aproximar las gradas lo máximo posible al vaso, pero manteniendo siempre la visión óptima de todos y cada uno de los usuarios. Con ello, se han establecido 12 fila de gradas, repartidas en 2 partes separadas por el pasillo intermedio de anchura > 1,60 m. para facilitar el tránsito de personas. En la parte inferior del graderío se cuenta con 336 asientos separados en el centro del graderío por el vomitorio de salida de vestuarios. En la parte superior de las gradas se cuenta con 364 asientos repartidos en 6 filas, divididas éstas a su vez en 3 zonas por 2 escaleras que permiten la evacuación de los ocupantes y el acceso de los mismos tanto a aseos como al resto de zonas de graderío. La primera fila de asientos de la parte superior del graderío se encuentra a la cota +4,50 respecto al vaso de la piscina. La zona de paso del graderío tiene una anchura de 0,80 metros y los asientos se encuentran a 0,40 metros de altura respecto a la inmediatamente delantera. A continuación, se muestra una imagen de la sección de gradas respecto a la piscina:

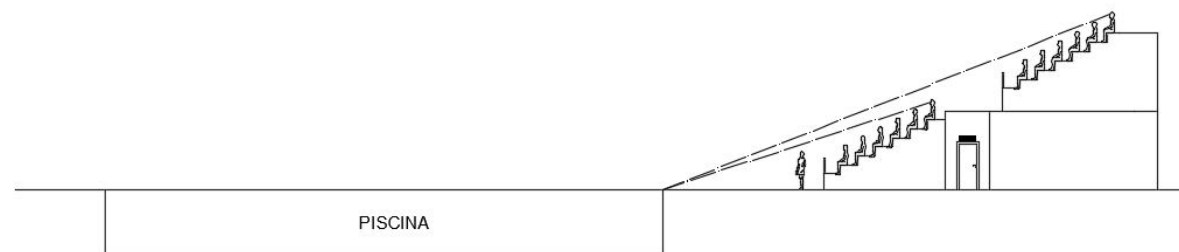


Imagen 9. Cumplimiento condiciones de visibilidad. Fuente: Propia.

Las escaleras del recinto cumplen las condiciones exigidas por el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad, concretamente en el apartado de Seguridad frente al riesgo de caídas. En el apartado 4.2 de Escalera de uso general, se exigen las siguientes condiciones:

Exigencia CTE-DBSUA	Proyecto
Huella en tramos rectos > 28 cm	30 cm
Contrahuella entre 13 cm y 17,5 cm	Si
Sin bocel	Tabicas rectas
Máxima altura a salvar por tramo = 2,25 m.	1,75 m.
Anchura útil mínima de tramo 1,10 m.	1,60 m.
Anchura de escalera libre de obstáculos	Si
Mesetas:	
Misma anchura que escalera	Si
Longitud mínima de 1 m.	Si
Franja de pavimento visual y táctil en mesetas de planta	Si
Pasamanos:	
Cuando altura a salvar > 0,55 m.	Si
A una altura de 90 - 110 cm	90 cm
Separado del paramento > 4cm	5 cm
Anchura de escaleras de graderío $\geq$ Nº personas / 160	1,60 m.

Tabla 7. Comprobación cumplimiento exigencias en DB-SUA. Fuente: Propia.

Se ha mantenido la misma dimensión de huella en todas las escaleras del recinto, 30 cm. En el caso de la contrahuella, ha resultado complejo poder mantener la misma altura en todas las escaleras por lo que se ha intentado que todas estuviesen en un rango muy estrecho. Concretamente, todas las contrahuellas tienen una dimensión entre 15 - 17 cm., estando dentro del rango permitido por el CTE. En lo que respecta al ancho de escaleras del graderío, en el apartado de Evacuación de ocupantes del Código Técnico de la Edificación se exige una anchura mayor igual al número de ocupantes que se desplazarán por dicha escalera, dividido por 160. En el caso de la parte inferior de las gradas, la anchura mínima exigida en cada una de las 2 escaleras sería de 1,05 m., a las cuales se les ha dotado de una anchura de 1,60 m. para facilitar la evacuación de ocupantes. En el caso de las gradas superiores donde se dispone de 364 asientos, la anchura exigida sería de 1,13 m. en el caso de no contar la escalera del extremo sur estando en el lado más desfavorable.

En este caso, al igual que se realiza con las escaleras de la parte inferior, se mantiene las dimensiones de las escaleras siendo de anchura 1,60 m.

Para mejor la iluminación natural del recinto, se ha dotado a la fachada principal de una vidriera centrada con la piscina lo cual favorece la luminosidad y claridad, reduciendo de esta manera el gasto de energía en iluminación artificial. En la parte del gimnasio también se han diseñado unas vidrieras de dimensiones considerables de tal manera que dicho espacio quede iluminado con luz natural el mayor tiempo del día posible.

Por lo que respecta a la distribución exterior de la parcela, los accesos rodados al aparcamiento quedaron definidos en el apartado de aparcamiento del presente estudio. Los accesos peatonales al recinto se muestran en el Plano 1.2: Planta General – Estado Actual. En él se muestran los tres accesos peatonales disponibles: uno en la Avenida Augusta, otro en la esquina Avenida Augusta-Calle Florencia y el último en la parte posterior del recinto en la Calle Florencia. Tales accesos han de salvar una altura de 0,90 metros que hay entre la cota de calle y la cota de superficie exterior de la parcela con motivo de evitar la inundabilidad de la misma en épocas de tormenta. Por ello, están compuestos de 6 escalones de 30 centímetros de huella y

15 centímetros de tabica, con una anchura total de capacidad de 32 metros aproximadamente entre los 3 accesos. Espacio suficiente para dar entrada y salida al aforo máximo de 1680 usuarios que puede darse en el edificio. Por motivos de accesibilidad también se habilitan 2 accesos para personas minusválidas: uno en la zona central de la parcela en Avenida Augusta, y el otro en el acceso de esquina Avenida Augusta - Calle Florencia, tal y como se muestra en el plano. Dichos accesos se han realizado mediante rampas de 2 tramos que han de salvar la diferencia de +0,90 metros existente entre parcela y calle. Se han dotado de una anchura de 1,90 metros de paso libre y pendiente del 6% en todas. Al final del primer tramo se alcanza la meseta que se encuentra a cota +2,55 para alcanzar con el segundo tramo la cota de parcela, +3,00.

Además de los accesos peatonales al recinto, también se habilitan 2 rampas de acceso a la parcela para casos de emergencia o descarga de mercancía. Tal y como indica el Código Técnico de la Edificación en su apartado 1.2 de la "Sección 5 - Intervención de los Bomberos" del Documento Básico de Seguridad contra incendios, se exigen las siguientes condiciones a cumplir cuando la altura de evacuación de ocupantes sea mayor de 9 metros:

Altura de evacuación descendente > 9 metros	
Anchura mínima libre	5 m
Altura libre	la del edificio
Distancia hasta los accesos del edificio	30 m
Pendiente máxima	10%
Resistencia al punzonamiento	100 KN sobre 20 cm

Tabla 8. Cumplimiento exigencias en DB-SI. Fuente: Propia.

En el caso del presente proyecto la altura de evacuación es menor de 9 metros por lo que no se antoja necesaria la habilitación de tales accesos. Aún así, se decide dotar a la parcela de 2 accesos rodados. Por la Calle Florencia se habilita un acceso rodado para camiones en caso de emergencia o descarga de material, con una anchura de 3,90 metros y una longitud de 9 metros, con pendiente del 10% para asegurar el acceso de los bomberos en caso de incendio. Mediante estas dimensiones se salva la diferencia de 0,90 metros de altura entre la cota de la calle y la cota de la parcela. Aprovechando la construcción de tal acceso, se habilita también un acceso peatonal próximo a la rampa, de 1,70 metros de anchura, el cual facilitaría la evacuación de usuarios en caso de emergencia. En ese caso se dispondría de 3 salidas de parcela para usuarios. Dicho acceso estaría cerrado al uso en condiciones normales y se procedería a su apertura en caso de emergencia, obteniendo así salida de usuarios a ambas calles impidiendo la aglomeración de público en una única zona. El otro acceso rodado a la parcela se sitúa en el camino que queda entre la parcela y el Canal de la Fontana. Tal y como se muestra en el Plano 1.2: Planta General – Estado Actual. Para éste no es necesaria obra alguna salvo darle al terreno existente entre muros pantalla y límite de parcela la inclinación necesaria para que puedan acceder vehículos para la carga/descarga.

Toda vez decididos todos los aspectos de la que se considera la alternativa óptima para el presente proyecto que está siendo objeto de estudio, se ha de llevar a cabo una decisión acerca de la solución final a adoptar. Se trata de dar con la solución eficiente, la que, siendo factible, no exista otra solución que proporcione una mejora en un criterio sin producir un empeoramiento en alguno de los demás atributos. Para el proceso de la toma de la decisión se tienen en cuenta diferentes elementos:

Decisor o unidad decisoria

Se trata de la persona o conjunto de personas encargadas de tomar la decisión. En este caso, se trata de un grupo de 4 personas las encargadas de llevar a cabo el proyecto junto con los tutores encargados de revisar las decisiones adoptadas.

Conjunto de alternativas

Se plantean 3 alternativas para la construcción del aparcamiento entre las cuales se ha de discernir la óptima. Se trata de un conjunto discreto pues el número de alternativas es conocido y finito.

Ambiente o entorno

Se entiende por entorno, el contexto en el que transcurre todo el proceso de decisión (incertidumbre, riesgo, etc.).

Criterios

Se trata del conjunto de atributos que se emplean para discernir la alternativa más apropiada. Pudiendo ser monocriterio, se decide adoptar la técnica multicriterio pues se entiende que hay más de 1 criterio los que aparecen en la toma de decisión.

Para ello se tienen en cuenta las técnicas de decisión multicriterio mediante una tabla de valoración en la que se incluyen los criterios que determinan la solución y las distintas alternativas de las que disponemos.

Además, a dicha tabla se asocia una matriz de pesos para cada uno de los criterios para posteriormente, multiplicando la valoración de cada criterio por su peso, obtener la estimación de cada alternativa planteada, siendo la de valoración más alta la idónea para llevar a cabo. Se trata de un paso en la objetivación de una decisión subjetiva en la que han intervenido muchas personas y puede antojarse complicado estar de acuerdo. Con ello, se trata de simplificar el problema de la decisión transformando en una valoración para cada alternativa desde los diferentes criterios y asignando el peso que se considere a cada uno de los criterios diferentes.

En un primer momento se adopta la decisión de encontrar la alternativa idónea mediante la técnica de la suma simple a través de la cual se obtiene la valoración de todas y cada una de las alternativas, pero sin ponderación de los diferentes criterios. La principal desventaja de esta técnica es que se asume que todos los criterios tienen la misma importancia. En el proyecto objeto de estudio, se entiende que para tomar la decisión de llevar a cabo la distribución de un polideportivo no tiene la misma importancia la capacidad de usuarios como los plazos de ejecución de dicha construcción. Por ello, tras analizar esta manera de estimar la alternativa correcta, esta técnica quedó descartada casi de inicio.

Por tanto, se plantea la opción de analizar las alternativas mediante la técnica multicriterio de la suma ponderada. En ella se aplica una ponderación a cada uno de los criterios y se tiene en cuenta a la hora de obtener la calificación total de cada alternativa. Primero se crea una escala de valoración para poder puntuar cada alternativa en función de los criterios:

ESCALA DE VALORACIÓN
1 = Nada favorable
2 = Poco favorable
3 = Medianamente favorable
4 = Bastante favorable
5 = Muy favorable

A continuación, se muestra la tabla de valoración de las alternativas en función de los diferentes criterios considerados y la ponderación determinada de cada uno de los criterios planteados:

	Pesos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Funcionalidad	3	3	3	4
Capacidad	1	4	3	3
Accesibilidad	3	3	4	4
Diseño	2	3	4	4
Economía	3	2	4	4
Plazos de ejecución	1	3	4	4
Impacto ambiental	2	3	3	3
Mantenimiento	2	2	3	4
Complejidad constructiva	1	4	3	3
Adecuación normativa	2	4	4	5
Demanda	1	3	4	5
TOTAL	21	34	39	43

Como puede apreciarse, se le ha dotado de mayor peso a los conceptos de funcionalidad, accesibilidad y economía, como unos de los principales principios de las construcciones. Además, dado que se trata de una construcción en la que se va a dar servicio a un gran número de usuarios de varias edades y características físicas, es necesario un nivel de accesibilidad y funcionalidad óptimo. Los criterios adoptados son similares a los empleados en el análisis multicriterio de la distribución del aparcamiento, con la salvedad de la seguridad y la demanda. Se entiende que la seguridad de los usuarios está garantizada con la correcta construcción del presente proyecto. En lo que respecta al criterio de la seguridad estructural sí que se considera determinante pero más relacionado con la estructura del edificio, y no así tanto con la distribución interior del mismo.

Para obtener la calificación final de cada una de las 3 alternativas planteadas con la que adoptaremos la solución final, se realiza el siguiente sumatorio:

$$\Sigma (\text{ponderación de cada criterio} \times \text{valoración de criterios de cada alternativa})$$

Obteniendo finalmente la valoración de las 3 alternativas:

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
TOTAL	62	75	83

Mediante la técnica de la suma ponderada, obtenemos que la alternativa que mayor calificación obtiene es la última de las planteadas, lo cual refuerza los argumentos adjuntados en el presente estudio por el que se considera la última de las alternativas como la idónea a llevar a cabo.

Con el objetivo de comparar los resultados obtenidos mediante la técnica de la suma ponderada, se procede a realizar un nuevo análisis multicriterio mediante una técnica distinta. Como se hiciese en el caso

del análisis multicriterio del aparcamiento, se opta por emplear el Método PRESS desarrollado por el Profesor Eliseo Gómez-Senent, técnica multicriterio que trata de determinar la alternativa más favorable desde el punto del análisis comparado con el resto de las alternativas posibles, estableciendo relaciones entre alternativas para todos los criterios. Así se consigue obtener la alternativa óptima, la cual es mejor que las demás en el mayor número de criterios posibles y a la vez es la que tiene menos debilidades respecto al resto de alternativas posibles.

Para ello se siguen las siguientes pautas que se muestran a continuación, manteniendo la misma escala de valoración de la técnica anterior:

Establecer criterios y pesos: C_j y P_j

	Pesos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$X_{j\max}$
Funcionalidad	3	3	3	4	4
Capacidad	1	4	3	3	4
Accesibilidad	3	3	4	4	4
Diseño	2	3	4	4	4
Economía	3	2	4	4	4
Plazos de ejecución	1	3	4	4	4
Impacto ambiental	2	3	3	3	3
Mantenimiento	2	2	3	4	4
Complejidad constructiva	1	4	3	3	4
Adecuación normativa	2	4	4	5	5
Demanda	1	3	4	5	5

Valorar los criterios para todas las alternativas: X_{ij}

Determinar la matriz de valoración mediante la expresión:

$$Q(i, j) = \frac{x_{ij}}{x_{j\max}} \cdot p_j$$

Siendo

X_{ij} El valor obtenido por la alternativa X_i para el criterio C_j y $X_{j\max}$ el valor máximo de puntuación para el mismo criterio.

Q	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Funcionalidad	2,25	2,25	3
Capacidad	1	0,75	0,75
Accesibilidad	2,25	3	3
Diseño	1,5	2	2
Economía	1,5	3	3
Plazos de ejecución	0,75	1	1
Impacto ambiental	2,00	2	2
Mantenimiento	1	1,5	2
Complejidad constructiva	1,00	0,75	0,75
Adecuación normativa	1,6	1,6	2
Demanda	0,6	0,8	1

Determinar la matriz de dominación mediante la expresión:

$$T(i, j) = \sum_{k=1}^n [Q(i, k) - Q(j, k)]$$

Siendo siempre $Q(i, k) > Q(j, k)$ evitando de esta manera diferencias negativas.

T	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Di
Alternativa 1	0,00	0,25	0,50	0,75
Alternativa 2	3,70	0,00	0,00	3,70
Alternativa 3	5,55	1,85	0,00	7,40
di	9,25	2,10	0,50	0,00

Se obtienen los valores D_i y d_i como resultado de sumar las filas y columnas de la matriz de dominación.

Finalmente, se determina el resultado del método determinando la relación entre D_i y d_i siendo la solución óptima la alternativa 3.

Por tanto, los coeficientes de cada alternativa que permite conocer la óptima resultan:

$$I_1 = 0,75 / 9,25 = 0,081$$

$$I_2 = 3,70 / 2,10 = 1,76$$

$$I_3 = 7,40 / 0,50 = 14,80$$

Tal y como se desprendía de la técnica de la suma ponderada, la alternativa 3 es la óptima.

Tras comparar los resultados realizando el análisis mediante 2 técnicas multicriterio distintas, se desprende que la alternativa 3 es la mejor respecto a las otras dos alternativas planteadas, siendo la alternativa 1 la más desfavorable de todas en ambas técnicas.

Era fácilmente deducible el resultado sin necesidad de análisis pues la primera de las alternativas cogía demasiado espacio, el cual mucha parte de él estaba desaprovechada. Existían grandes superficies de paso sin uso que hacían del vestíbulo principalmente un oasis en el que para moverte de un espacio a otro había que recorrer grandes distancias. En la solución finalmente adoptada, los usuarios que deseen acudir al gimnasio tienen su propio vestuario debajo de la sala de gimnasio, conectado con escalera propia o utilizando el ascensor accesible.

Además, en la escalera se adopta un sistema de elevación de personas minusválidas para poder desplazarse entre sala de gimnasia y vestuarios sin necesidad de pasar por la zona común del vestíbulo. Para acceder a la piscina, toda vez se accede al pasillo de vestuarios, se dispone de 4 vestuarios (2 por sexo) accesibles y sauna para quien desee hacer uso de ella. Los vestuarios se decide colocarlos a la misma cota que el vaso de la piscina para que las distancias a recorrer entre vaso y vestuarios sea el mínimo, habiendo acceso directo desde todos los servicios que se encuentran debajo del graderío a la piscina. Con ello, los usuarios que hagan uso de la piscina no se mezclarán jamás con usuarios que se encuentren en gimnasio o zona de cafetería, así como vestíbulo.

En resumen, se considera la solución adoptada como la idónea teniendo en cuenta el objetivo del presente proyecto y las características del mismo. Según los servicios de los que se quiere dotar al complejo, así como la accesibilidad y funcionalidad del mismo, hacen de la alternativa elegida la idónea para el disfrute de los usuarios.

5. Estudio de soluciones de la estructura

El objetivo del presente apartado es tratar de buscar la solución de la estructura del edificio de óptimas condiciones. Como se indicó anteriormente, para la estructura vertical se apuesta casi de inicio por el acero, incluida la estructura del graderío, excepto los forjados que serían reticulares de hormigón. Tal y como se analiza en el apartado de aparcamiento y distribución interior, se decide continuar los pilares que parten desde la cimentación hasta la cubierta. Con ello se evitan pilares apeados y la problemática que ello acarrearía.

El hecho de optar por una estructura metálica en lugar de, por ejemplo, hormigón, fué principalmente por las dimensiones del edificio. Una longitud de casi 80 m. y una anchura de 48 m. es casi insalvable con una estructura hormigonada ya que en la zona de piscina no habrán pilares nada más que en las fachadas longitudinales y la estructura auxiliar del graderío cuya altura se encuentra por debajo de la cota de las gradas. Aún así, se decide barajar las opciones de los principales materiales empleados en estructuras de construcciones similares a la proyectada.

5.1. Alternativa 1 de la estructura

Tal y como se indicó en el estudio de soluciones del aparcamiento, en un principio se optó por unas dimensiones de aparcamiento iguales que el edificio. Conforme se intentaba distribuir el interior del complejo insertando habitáculos y servicios, se antojaba complejo poder distribuir los espacios como se quiere.

Por parte del aparcamiento, el espacio para aparcamiento se reducía notablemente ya que en la primera planta del parking se perdía la totalidad del espacio destinado para aparcar debido a las dimensiones del

vaso de piscina. Solamente quedaba utilizable la segunda planta del aparcamiento, de la cual era muy complejo obtener un número de plazas de aparcamiento notable. De ahí que se decidiese aumentar la superficie de aparcamiento para de esta manera conseguir plazas de aparcamiento suficientes como para dar servicio tanto a los usuarios del complejo como a vecinos de alrededores.

Cuando se plantean las opciones disponibles para realizar la estructura interior del edificio, buscando la eficiencia energética y reducir el coste, surge la opción de la madera. Ya que no solamente se busca la resistencia y eficiencia estructural, sino que también se tiene muy presente el diseño y la belleza de la construcción, la madera era un material que se tenía que valorar en el presente estudio. Es un material que se produce con menor energía y menos uso de combustibles fósiles que hormigón y acero. Además, la contaminación ambiental que produce la madera es prácticamente nula y la energía necesaria para climatizar el recinto sería mucho menor empleando madera en lugar de acero u hormigón debido a las importantes propiedades aislantes de la madera. Gracias a propiedades como la porosidad y la elasticidad absorbe ondas acústicas reduciendo así la reverberación de las ondas sonoras, aspecto importante teniendo en cuenta que se van a celebrar campeonatos importantes en el interior y que se alcanzarán altos niveles sonoros. Otro punto a favor es la durabilidad pues con una correcta construcción y puesta en obra se puede garantizar la integridad de la construcción por un largo periodo de tiempo

Para comprobarlo solo se ha de observar algunas de los miles de obras realizadas en la antigüedad con estructuras de madera y que siguen en pie en correcto estado. Los proveedores de madera laminada para estructuras indican que, para retrasar el envejecimiento, es aconsejable un buen tratamiento y acabado a base de lasures y no de barniz pues éste último no penetra en la madera. Un buen lasur deja el poro abierto de la madera sirviendo ello de regulador de la humedad del material y facilitando la salida del vapor de agua del interior de la madera.

Por otro lado, teniendo en cuenta la piscina, la madera se comporta mejor ante la acción de compuestos químicos que por ejemplo el hierro. Por ello, es un material que está muy presente en la construcción de piscinas climatizadas, almacenes de sal y de otros productos químicos. La combinación de cloro y humedad es muy nociva para las estructuras metálicas a las que hay que pintar con pinturas anticorrosivas para frenar la corrosión a corto-medio plazo y tener mucho cuidado durante el montaje pues el más mínimo roce o rayadura puede ser una ventana para la corrosión.

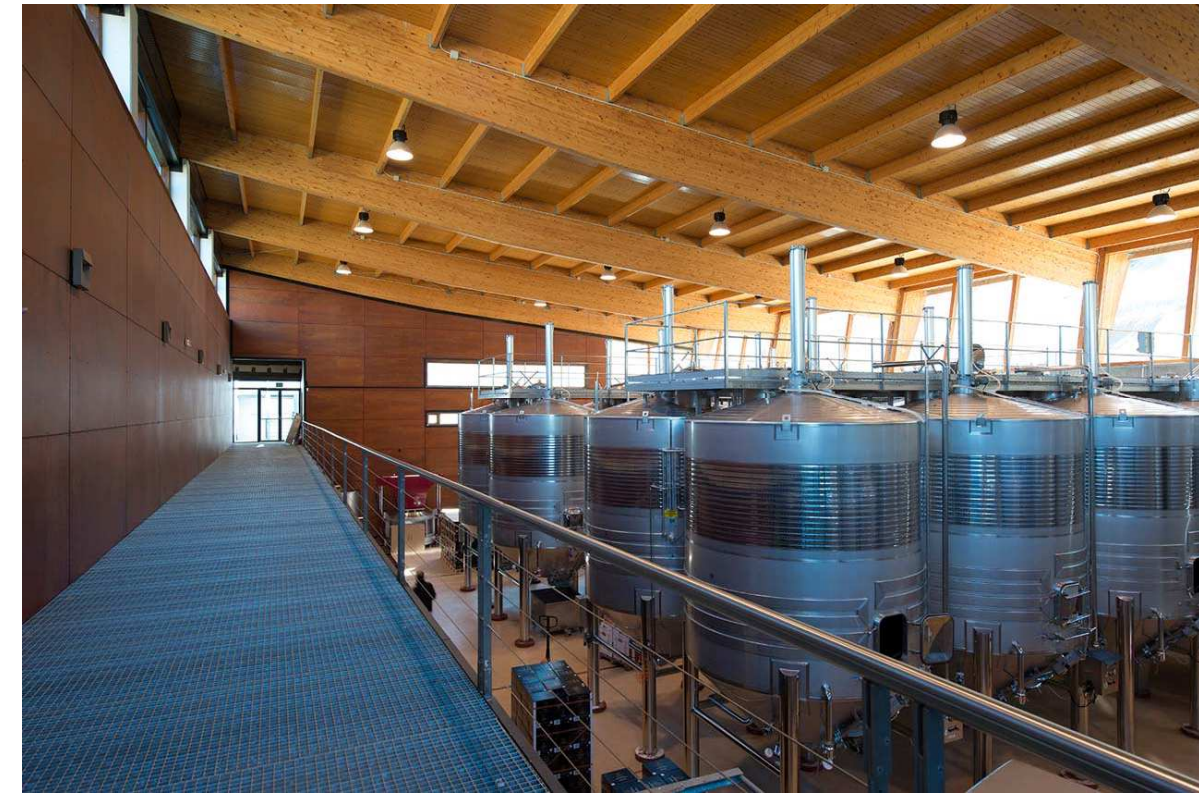


Imagen 10. Cubierta de la Bodega de San Cristóbal (Valladolid). Fuente: www.kotoingenieros.es.

En esta imagen se muestra la cubierta y vigas de la bodega de San Cristóbal, ubicada en la localidad de Peñafiel (Valladolid), de madera laminada. Se apostó por éste material ya que es habitual la generación de gas carbónico en las bodegas durante la fermentación del vino. Éste es altamente corrosivo para las estructuras metálicas y, sin embargo, muy tolerable para la madera laminada. Las instalaciones ganaderas son otro de los campos en los que se tiene a la madera como material idóneo. Los orines y excrementos de animales como los caballos tienen un alto contenido en amoníaco y los gases que desprenden son altamente corrosivos para muchos materiales.

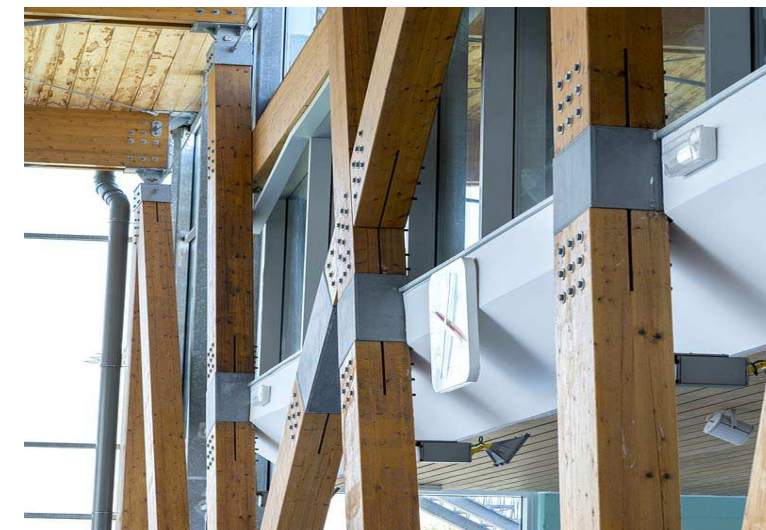


Imagen 11. Uniones de madera laminada mediante elementos metálicos vistos. Fuente: www.kotoingenieros.es.

A nivel estructural, la madera es un material resistente, ligero y con una relación elevada entre resistencia y peso. De hecho, tiene respuesta similar al acero a tracción y a compresión paralela a las fibras, y superior al hormigón a tracción. Es capaz de absorber la energía convirtiéndola en un material idóneo para resistir los sismos y las cargas de impacto. Se adapta muy bien a cualquier tipo de obra y entorno y permite salvar grandes luces, resultando sencillo su montaje en obra reduciendo los tiempos de montaje respecto otros materiales.

En la mayoría de recientes construcciones realizadas con la madera laminada como material principal, las uniones se realizan con elementos metálicos protegidos adecuadamente, siendo recomendable que estas uniones estén ocultas y embutidas en la propia madera.

También se producen vigas de madera laminada encolada, en cuyo caso no sirve cualquier temperatura o humedad ambiental. Los adhesivos especiales que se emplean para uso estructural deben aplicarse bajo condiciones estrictas y limitativas.

Tal y como se ha indicado en todo el proyecto, se busca la eficiencia energética y medioambiental. Para ello, la madera es un material crucial pues necesita menos energía para trabajarla en obra y reduce los impactos ambientales a lo largo de su vida. Se trata del único material disponible que reduce las emisiones de CO₂. Hasta tal punto son los beneficios del uso de la madera para el medio ambiente que el centro Nacional de Desarrollo de la Madera de Francia indica que 1 m³ de madera que se usa en la construcción supone la retirada de 1,6 toneladas de CO₂ de la atmósfera. Con su uso no se genera desperdicio durante el proceso productivo y es un material 100% reciclable, natural y renovable.

Para la construcción de edificaciones con madera laminada como material estructural principal, el Código Técnico de la Edificación recoge en su Parte II un Documento Básico de Seguridad Estructural de la Madera (DB SE-M) publicado en 2006. En él se incluyen todas las exigencias en relación a:

- Bases de cálculo
- Durabilidad
- Materiales
- Análisis estructural
- Estados límite últimos
- Estados límite de servicio
- Uniones
- Fatiga
- Sistemas estructurales de madera y productos derivados
- Ejecución
- Tolerancias
- Control

Pese a que, como se ha visto, existe una normativa nacional que regula el uso de la madera como material base estructural, no existe en España la suficiente "confianza" o libertad para realizar construcciones de éste tipo. Cada día más se tiene en cuenta la belleza de las construcciones y el impacto ambiental y para ello la

madera es un material óptimo, pero al contrario de lo que ocurre en los países Norte Americanos y países nórdicos, en España no está interiorizada la madera como elemento estructural. Poco a poco van surgiendo pymes y medianas empresas productoras y distribuidoras de madera laminada y que producen cualquier tipo de vigas, pilares y demás elementos estructurales con dimensiones y secciones al gusto del demandante.

A continuación, se muestran unas construcciones recientes que se han realizado con madera como material estructural en condiciones similares a las que estaría expuesta la construcción del proyecto objeto de estudio:



Imagen 12. Cubierta de la piscina climatizada El Pardo (Madrid). Fuente: www.kotoingenieros.es.

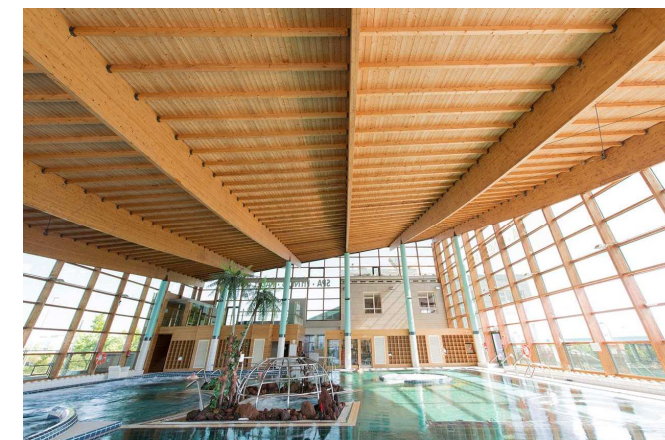


Imagen 13. Cubierta del Spa Las Rejas en Majadahonda (Madrid). Fuente: www.balnearios.lejosdelaciudad.com

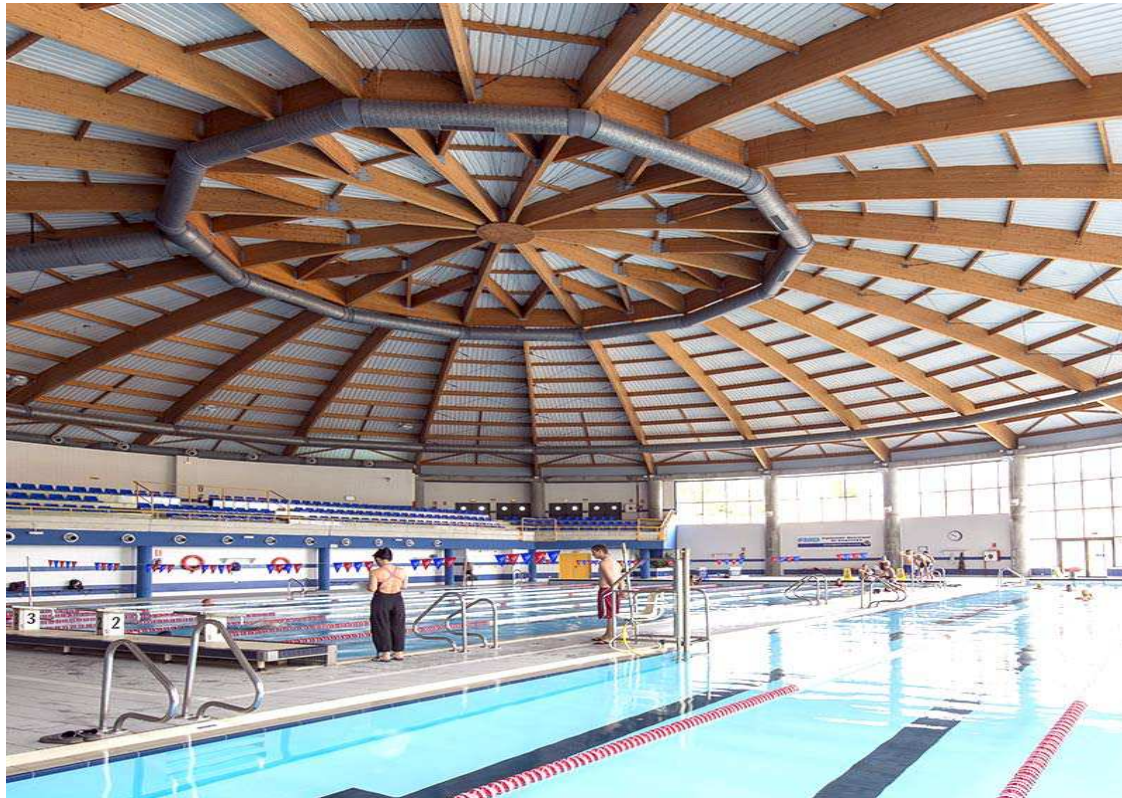


Imagen 14. Cubierta del Spa Las Rejas en Majadahonda (Madrid). Fuente: www.balnearios.lejosdelaciudad.com



Imagen 15. Cubierta del almacén de AyB Hislabor en Tordesillas (Valladolid). Fuente: www.kotoingenieros.es

Como es lógico, no todo son ventajas en el uso de la madera laminada como material estructural. Pese a que cada vez más se realizan construcciones con madera en el territorio nacional, todavía hay ciertos impedimentos que bloquean el crecimiento de éste material. De hecho, hubo algunos aspectos importantes que hicieron descartar la opción de la madera como material estructural, como por ejemplo el hecho de que no existan marcas comerciales en España que produzcan vigas de sección y tamaño de las que se requerían en el proyecto objeto de estudio.

Tras realizar un ejercicio de investigación acerca de cuál podría ser la empresa más cercana que pudiese proporcionar tales vigas, la más cercana se encontraba en Austria. Concretamente la empresa *Rubner Holzbau*, empresa líder en Europa en la construcción de grandes obras de madera. Tal y como se menciona anteriormente, Austria sí es un país en el cual la madera como material "multiusos" está muy expandida e interiorizada.

Después se encontraron empresas en países nórdicos y EEUU, opciones todas ellas descartadas inmediatamente por el alto coste que pondría el simple hecho de transportarlas hasta la localización de la obra. A pesar de que se realicen construcciones con madera laminada de grandes luces, una distancia de casi 50 m. entre pilares en la zona de la piscina era una distancia importante para una estructura realizada a base de únicamente madera laminada. La incertidumbre y la falta de seguridad en tal solución hizo descartar la opción de emplear la madera en la construcción de la estructura del proyecto.

5.2. Alternativa 2 de la estructura

Tras analizar a fondo en un primer momento la opción de emplear madera laminada para la construcción de la estructura del presente proyecto, se encontraron grandes ventajas que hicieron pensar que se trataba de la alternativa idónea. Hasta que llegó el momento de buscar proveedores de vigas de sección y dimensiones de las que se requerían, ahí se encontraba el problema. Ante la falta de proveedores en el territorio nacional, se planteó la opción de realizarse en hormigón armado. Se trataba de una opción más común en España y con la que resulta más familiarizado trabajar.

La siguiente cuestión era clara: ¿Prefabricado o in situ? Tras rastrear y analizar construcciones similares realizadas recientemente, se denota una importante preferencia por el prefabricado en detrimento del hormigón armado in situ. Las razones son varias, pero destaca la facilidad de montaje y construcción del prefabricado frente al hormigonado in situ, y con ello la rapidez de construcción.

Preferentemente el hormigonado in situ es más empleado en construcciones de edificación, mientras que para estructuras como la que se proyecta es más ventajoso el prefabricado. Además, las dimensiones de las vigas que se requieren en el proyecto eran elevadas para realizarlas in situ. El impacto ambiental que encima acarrearía el hormigonar toda la estructura in situ, teniendo en cuenta la situación de la parcela tan próxima a edificaciones y a zona marítima protegida. Por ello, directamente no se tuvo en cuenta la opción de realizar la estructura con hormigón armado in situ y se pasó a analizar las ventajas y desventajas que tendría el realizarla con hormigón prefabricado.

Las principales ventajas ya conocidas del prefabricado son:

Sostenibilidad

El uso de prefabricados permite controlar el impacto ambiental, social y económico de la construcción tanto durante el proceso productivo como posteriormente en la gestión.

Tiempos de ejecución

Los prefabricados se montan directamente en obra por lo que no hay construcción in situ. Ello permite reducir la mano de obra y con ello los riesgos de accidente y costes.

Diseño

Permiten adaptarse a cualquier necesidad técnica o referente al diseño, consiguiendo una competitividad muy alta en productos seriados.

Construcción industrializada

Se fabrican a medida en plantas industriales ofreciendo todas las garantías posibles en todos los aspectos, incluidos la funcionalidad y la calidad.

Control de calidad

La calidad del producto viene proporcionada por el fabricante del mismo, siendo ésta independiente de la ejecución.

Seguridad

Se garantiza la resistencia de los prefabricados de hormigón desde que éstos parten de la planta y durante el ciclo de vida de los mismos.

Relación coste/beneficio

Gracias a la reducción de tareas a lo largo de todo el proceso, los prefabricados permiten mejorar la relación entre inversión y beneficios para todas las partes.

Durabilidad

Los materiales empleados y los controles de calidad realizados permiten una mayor durabilidad que otras opciones disponibles.

Aislamiento

Empleando prefabricados de hormigón se mejora el aislamiento acústico y optimización energética gracias a la masa térmica de la que disponen.

Resistencia

Los prefabricados de hormigón mantienen las características resistentes en situaciones de uso normal y en situaciones extremas como en incendios.

Toda vez se conocen las ventajas de usar prefabricados en el presente proyecto, el siguiente paso fue revisar construcciones similares a la que se está proyectando para poder analizar el resultado.



Imagen 15. Estructura del Pabellón Polideportivo de Teruel (Aragón). Fuente: www.tecnyconta.es



Imagen 16. Cubierta del Pabellón Polideportivo de Barakaldo (Vizcaya). Fuente: www.tecnyconta.es

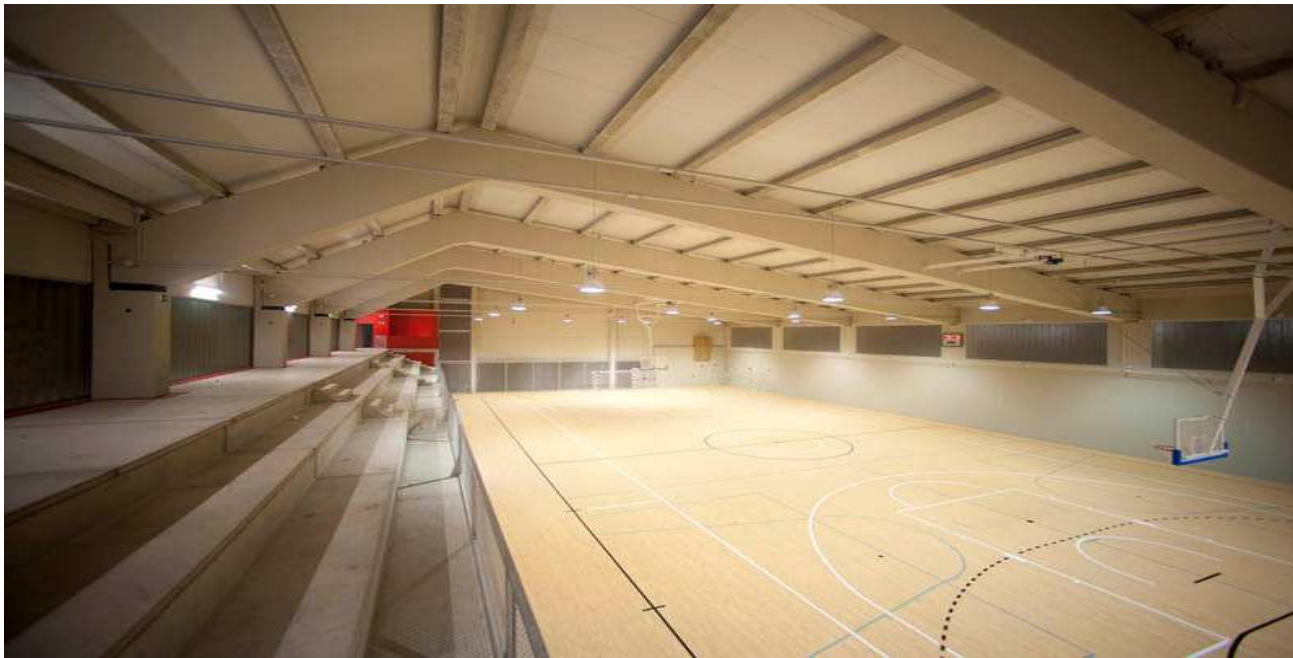


Imagen 16. Detalle de las vigas de cubierta del Pabellón Polideportivo de Barakaldo (Vizcaya). Fuente: www.tecnyconta.es



Imagen 17. Estructura del Polideportivo de Favara (Valencia). Fuente: www.pacadar.es

Cuando se planteó la opción del hormigón enseguida surgió la posibilidad de emplear como vigas de cubierta vigas de gran canto, pero toda vez que se revisó la Instrucción EHE-08 se vio que se trataba de una opción incompatible con las dimensiones y geometría de la estructura interior del edificio principal. La norma indica que se trata de vigas rectas de sección constante con una relación luz/canto $< 2,5$ en vigas continuas.

En el caso del proyecto objeto de estudio, la luz a salvar es de 48 metros entre ejes de pilares por lo que para poder emplear ésta metodología se necesitaría un canto de casi 20 metros para cumplir lo indicado por la instrucción, evidentemente algo desorbitado.



Imagen 18. Viga de gran canto de hormigón armado. Fuente: www.urcourbasa.com

La otra opción que se plantea es el emplear estructura metálica en el proyecto. Una ventaja que se encuentra en el prefabricado respecto al acero es la excelente capacidad del primero a resistir cargas adicionales. Ello se debe a su alta relación peso/sobrecarga, dando lugar a un nivel de seguridad superior a la estructura. En el caso del presente proyecto no se estima la previsión de sobrecargas adicionales por lo que dicha ventaja no afectaría.

La ventaja que sí que afecta es la seguridad que ofrece el prefabricado frente al fuego a diferencia de la estructura metálica. Sin embargo, sería una ventaja importante en el caso de que se tratase de una construcción industrial en la que se manejasen sustancias inflamables o en todo caso una edificación de viviendas. En un polideportivo no se tiene ese peligro, por lo que no es una ventaja determinante en la elección de la estructura. Además, en el caso de emplear estructura metálica también se puede y debe proteger frente al fuego.

Mirándolo desde el punto de vista económico, la opción de la estructura metálica es más favorable frente a la opción del prefabricado de hormigón. Además, ofrece la posibilidad de futuras remodelaciones y con las

reducidas dimensiones de los perfiles metálicos frente a los elementos prefabricados se consigue optimizar el espacio interior del edificio.

En caso de realizarse la estructura mediante prefabricados de hormigón, las dimensiones de pilares y vigas son muy elevadas comparadas con la perfilería metálica que resultaría de realizarse con acero.

Donde sí que se emplean elementos prefabricados es en los paramentos de fachada y muro de separación entre ambos edificios. El cerramiento se realizará con placas prefabricadas de hormigón hasta una altura de 2,0 metros desde la cota de superficie (+3,00 metros) excepto en las zonas de vidriera y ventanas, como se da en la zona del vaso de piscina, vestíbulo y huecos en fachadas. A partir de tales placas de hormigón prefabricado, cuya función es la de proteger la fachada de golpes y rozaduras, se adopta la decisión de realizar el cerramiento de fachada con placas de acero decorativo ancladas a unas correas dispuestas longitudinalmente en las fachadas.

Llegados a este punto, surgió la idea de combinar ambas alternativas presentadas y apareció la imagen del Polideportivo de Torrejón de la Calzada (Madrid). En él se entremezcla la estructura prefabricada de hormigón blanco con vigas de madera laminada, una combinación que derrocha diseño y eficiencia.



Imagen 19. Polideportivo de Torrejón de la Calzada (Madrid). Fuente: artearquitecturaydiseño.blogspot.com



Imagen 20. Detalle de las vigas de cubierta del Polideportivo de Torrejón de la Calzada (Madrid).

Fuente: artearquitecturaydiseño.blogspot.com

En esta imagen se muestra la combinación del hormigón blanco con la madera laminada y el vidrio. Proporciona una limpieza y una transparencia difícil de conseguir con otros materiales.

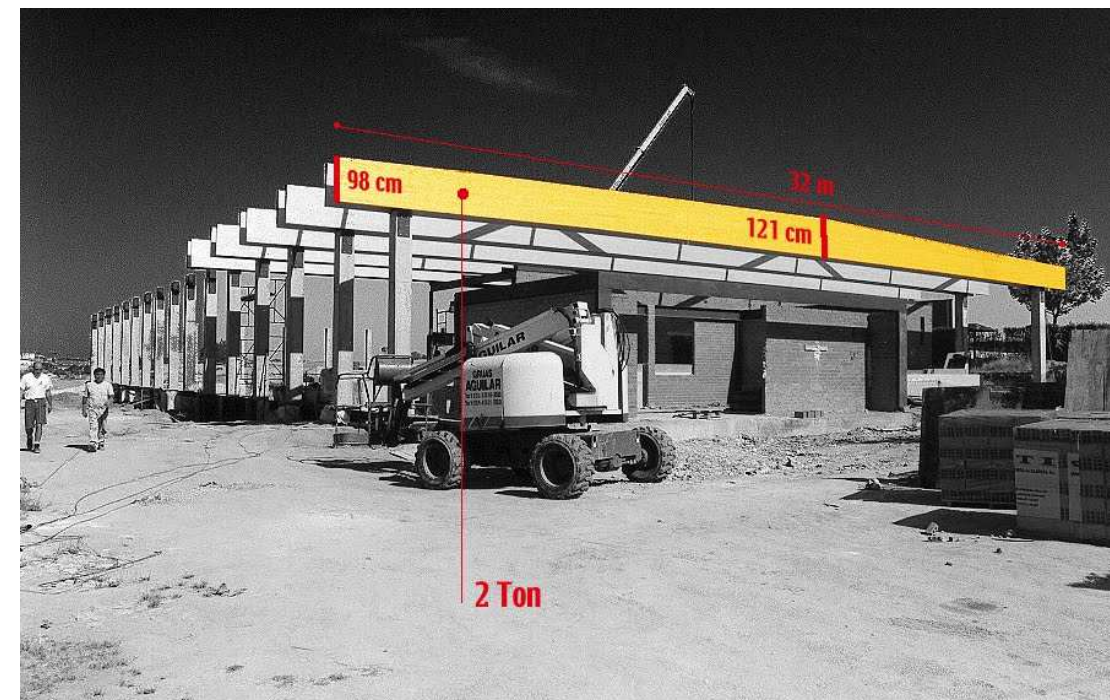


Imagen 21. Características de las vigas de cubierta. Fuente: artearquitecturaydiseño.blogspot.com

Tal y como se observa en la imagen anterior, la luz de la viga de madera era de 32 m. En el caso del proyecto objeto de estudio, la luz es un 50% mayor que las del Polideportivo de Torrejón de la Calzada lo cual dificulta aún más el transporte y el montaje, además de la resistencia estructural.



Imagen 22. Transporte de vigas laminadas de madera de 32 metros. Fuente: artearquitecturaydiseño.blogspot.com

Tras ver la imagen del transporte de las vigas, uno se hace la idea del coste que podría suponer el transporte de 7 vigas de 48 metros de luz, además del trabajo en mano de obra que ello supondría. No es tarea sencilla transportar vigas de tales dimensiones por carreteras secundarias como las que dan acceso a la localización de la parcela.



Imagen 23. Detalle unión vigas pareadas de madera laminadas. Fuente: artearquitecturaydiseño.blogspot.com

En la anterior imagen se muestran los nudos que unían las vigas con los pilares prefabricados de hormigón que se visualizan al subir la escalera. Vemos como se han realizado con elementos metálicos dichas uniones, quedando vistas al usuario. En este caso no conlleva mayor peligro puesto que no estará expuesta a altas

temperaturas ni humedades por lo que el hecho de no estar oculta no supone ningún riesgo. Además, un tipo de unión como la empleada es difícilmente ocultable.

Pese a la admiración por la belleza de ésta construcción, no se considera viable en el proyecto que está siendo objeto de estudio por las causas que se han mencionado en el presente estudio. Tanto el transporte de elementos como el coste son aspectos determinantes que hacen inviable económicamente tal alternativa, o al menos la hacen menos favorable que emplear estructura metálica.

Por ello, tras haber analizado la opción de madera laminada, prefabricado de hormigón y la combinación de ambas, se llega a la conclusión que la alternativa óptima teniendo en cuenta el tipo de construcción a realizar y el coste económico.

5.3. Alternativa adoptada de la estructura

En relación a la estructura interior del edificio, tras realizar 2 alternativas fallidas, se decide apostar por fijar una malla de pilares determinada por la distribución del aparcamiento y continuar dichos pilares en sentido vertical ascendente hasta el edificio. Con ello se facilita el cálculo y construcción del mismo y se evitan soluciones constructivas que pueden resultar problemáticas como pilares apeados. En la zona de la planta -1 donde el vaso de la piscina invade espacio se construyen pilares de menor altura que se llevan el peso de la piscina y lo reparten al forjado

Con ello se facilitan las labores de mantenimiento y revisión del vaso ante posibles problemas de fisuración. Recordar que, dadas las dimensiones del vaso, en el caso de encontrarse llena de agua la piscina lo cual será la mayoría del tiempo de vida, solamente el agua es una carga de 2000 kg/m². Con ello se consigue ver la importancia del vaso en el presente proyecto y la necesidad de reforzar dicha zona.

Tras analizar las alternativas de realizarse en madera laminada, prefabricado de hormigón e incluso una combinación de ambas, se llega a la conclusión de que la mejor alternativa es realizarse la estructura en acero laminado. Tiene la ventaja de que permite salvar grandes luces con secciones más reducidas que en el resto de alternativas y el acero también es un material 100% reciclable por lo que medioambientalmente no es favorable y no requiere la utilización de recursos naturales.

Protección frente a la corrosión

Pero cuando se piensa en estructuras de acero, lo primero en lo que se piensa es en la corrosión, y más cuando se trata de una piscina climatizada donde va a estar expuesta a cambios de temperatura y humedad y al ataque de agentes químicos. Para ello, la solución es recubrir los elementos metálicos con esmaltes primarios anticorrosivos. Lo más empleado es aplicar una capa protectora de otros metales como el zinc o aluminio mediante procesos de inmersión en caliente, electrodeposición o metalización (galvanización).



Imagen 24. Proceso de la galvanoplastia normalizado por la Norma ISO 9001:2008 por BVQi. Fuente: galvanizados-algama.com

La galvanización está considerada como la solución más empleada cuando una estructura va a estar expuesta en condiciones de alto riesgo de corrosión. Aún así, no es la única solución ya que existen diversas maneras de proteger al acero en función de las condiciones de exposición y servicio a las que está expuesta una estructura. La aplicación de resinas o aglutinantes es otra de las medidas más utilizadas, pero según las características de las propiedades son más recomendables unas que otras. A continuación, se ha elaborado una tabla en la que se valoran las principales resinas en función de las propiedades:

Tipo de resina	PROPIEDADES									
	Dureza	Flexibilidad	Intemperie	Impermeabilidad	Resist. a los ácidos	Resist. a los disolventes	Resist. a los aceites	Resist. Al calor	Agua	Retención de brillo
Bituminosos	1	3	1	3	3	3	1	1	4	1
Alquílico	3	3	3	3	2	2	1	3	3	2
Aceite uretanado	3	3	4	3	2	2	1	3	3	3
Epoxy-Ester	3	3	4	2	3	2	3	2	3	2
Clorocaucho	3	3	3	4	4	1	1	1	4	3
Vinílico	4	3	3	4	4	1	3	1	4	3
Vinil-Acrílico	3	4	3	2	2	2	2	1	3	4
Epoxy-2 componentes	4	3	3	3	3	4	4	3	4	1
Zinc inorgánico	4	2	4	4	1	4	4	4	4	
Poliuretano	4	4	4	3	4	2	3	3	4	4
Escala de valoración: 1 = Mal 2 = Regular 3 = Bien 4 = Muy Bien										

Tabla 9. Propiedades de diversos materiales protectores frente a la corrosión. Fuente: Propia.

Como se desprende la tabla mostrada, existen unas resinas que dan mejor resultado que otras en función de la propiedad que demos prioridad. Se comprueba que, globalmente, las que mejor resultado proporcionan son:

Resinas de Poliuretano

Se trata de pinturas en base a resinas de poliuretano que son empleadas en forma de esmaltes y barnices dando una terminación con alta resistencia a la intemperie, gran dureza y brillo. Son muy utilizadas sobre bases epóxicas en aeronáutica, ambiente marino, zonas industriales y en grandes estructuras por lo que sería una buena opción para el proyecto objeto de estudio.

Resinas Epóxicas

Se trata de pinturas conformadas por 2 componentes que presentan una alta resistencia química y física, a la par que una alta flexibilidad y dureza. Sin embargo, pierden el brillo cuando están expuestas al sol volviéndose opacas (por pulverización). Son muy empleadas en zonas industriales, equipos portuarios o como base para recibir una capa de poliuretano, tal y como se ha indicado anteriormente.

Evaluando las opciones de la galvanización y la metalización, éstas consisten fundamentalmente en recubrir la superficie de acero con zinc fundido. En función de si se realiza mediante proyección de partículas fundidas se trata de metalización, logrando espesores de 100 - 250 μm ; Si se realiza por inmersión en caliente se trata de galvanización. El proceso por el que se realiza consiste en tratar previamente la superficie del acero para después sumergirlo en tinas de zinc fundido a 450 $^{\circ}\text{C}$. Con ello se consigue una unión metalúrgica entre el hierro y el zinc creando diversas capas en que varía la proporción de la aleación de ambos metales.

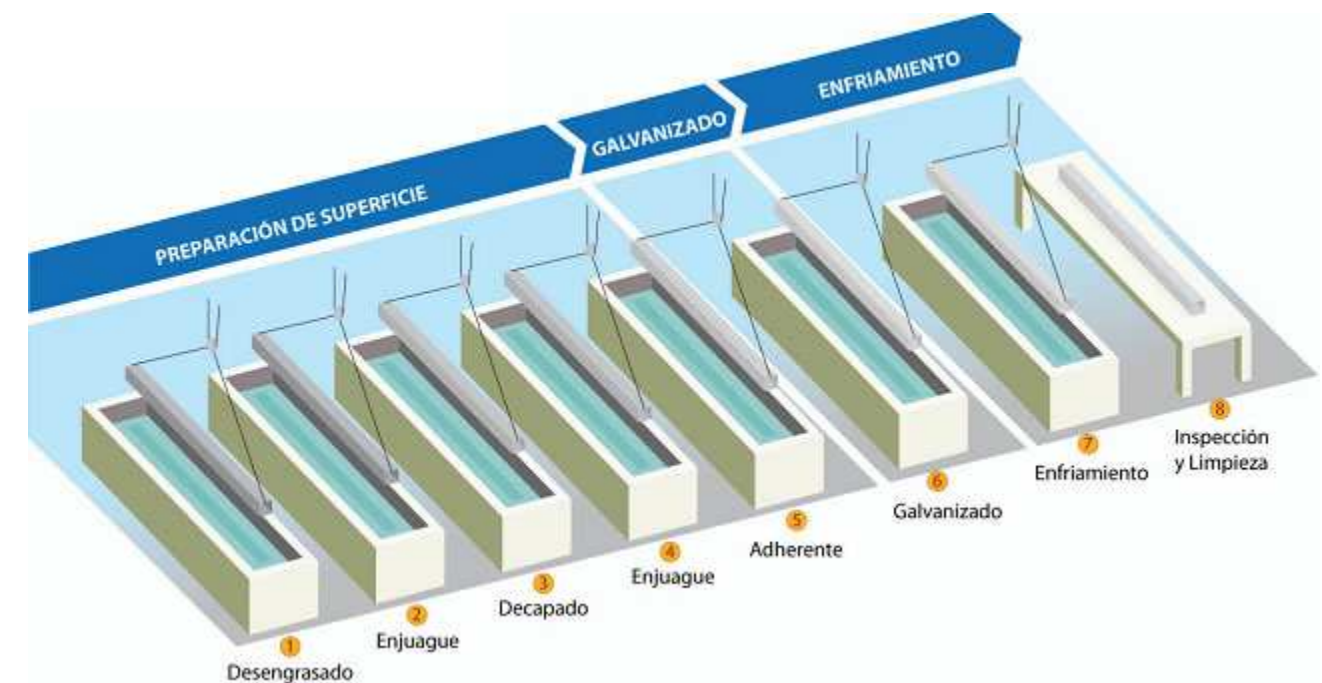


Imagen 25. Proceso de la galvanización. Fuente: ipac-acero.com

Se trata de una tipología de revestimiento que otorga gran resistencia a la corrosión gracias a la protección catódica como a la protección de barrera. En este caso se consiguen espesores variables entre 25 y 125 μm según el tiempo de inmersión y la tipología de la chapa de acero. Evidentemente, la duración de la protección galvanizada es directamente proporcional al espesor del mismo por lo que a mayor espesor, mayor vida útil.

Es imprescindible la protección del acero pues, según la experiencia de otras construcciones y proveedores, el promedio de vida es de sólo 2 años hasta que afecta a la funcionalidad e integridad estructural. Sin embargo, un recubrimiento galvanizado realizado en instalaciones autorizadas y preparadas para ello alargan la vida útil de las piezas metálicas hasta 15 años, como mínimo, sin necesidad de mantenimiento. Es importante indicar que dichos datos se han tomado en condiciones atmosféricas adversas.

A modo de resumen de las ventajas del galvanizado frente a la corrosión del acero, se destaca:

Vida útil

Gracias al recubrimiento galvanizado del acero se consigue multiplicar la vida útil de las piezas por 10 frente a una pieza sin tratar.

Protección

Ofrece tanto protección de barrera, aleación metalúrgica del zinc con el acero que protege frente a la corrosión ambiental, como protección catódica, consistente en la actuación del zinc como ánodo de sacrificio y así protege el acero de los efectos de la corrosión.

Tenacidad

Gracias la unión metalúrgica se generan diversas capas de aleación que generan mayor dureza y tenacidad al acero, convirtiendo éste más resistente a golpes y abrasión.

Sin mantenimiento

El recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente no necesita mantenimiento alguno durante la vida útil.

Confianza

La existencia de normas internacionales como la ASTM en la que se recojan los recubrimientos galvanizados en caliente como sistema de protección del acero ofrece confianza y garantía, frente a otras actuaciones de protección.

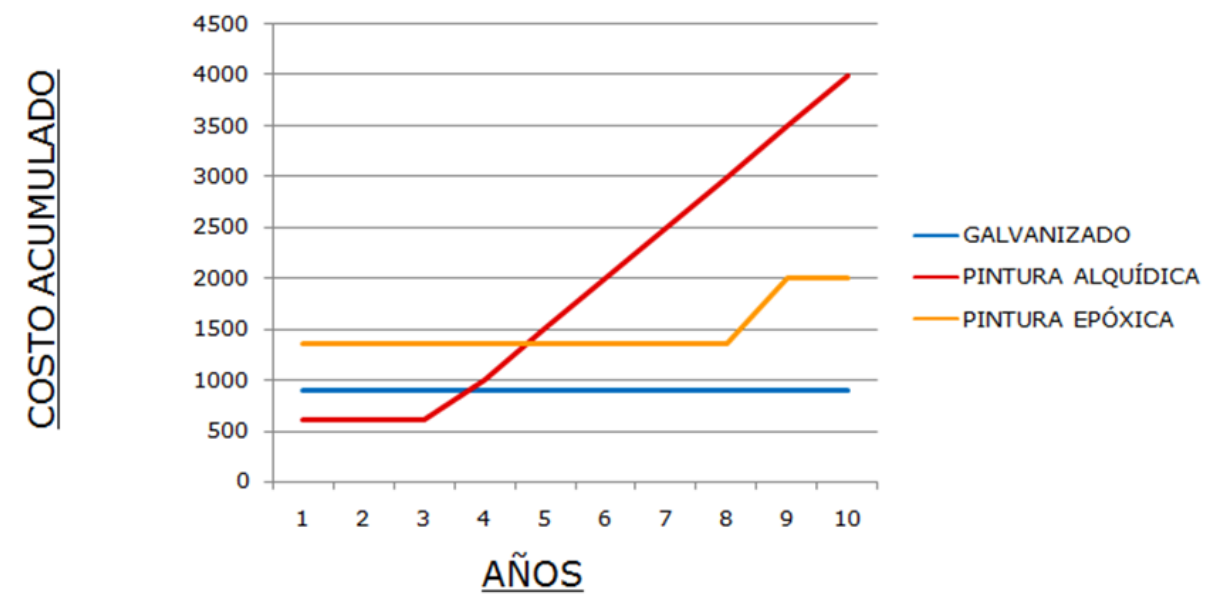


Imagen 26. Gráfica de coste frente a duración de la protección. Fuente: ipac-acero.com

Economía

Se trata de una opción económica si se compara con otras formas de protección. En la siguiente gráfica se muestra una comparativa de costes frente a tiempo de 3 formas de protección:

Versatilidad

Permite galvanizar multitud de materiales de cualquier sección y dimensiones.

Sencillez

Se trata de una técnica sencilla de realizar. Siguiendo las exigencias que marca la norma se consiguen soldaduras de gran calidad que ofrecen características y propiedades similares a las que ofrece el acero sin galvanizar. Además, permite la posterior pintura de los elementos por lo que pueden decorarse como se quiera. Incluso se le pueden aplicar manos de pintura para proteger frente a ambientes agresivos.

Protección frente al fuego

Junto a la corrosión, el fuego es el otro gran enemigo del acero. A temperaturas por encima de los 550 $^{\circ}\text{C}$ se convierte en un material totalmente vulnerable y unido a las cargas que soporta hace aparecer el pandeo y con ello el fallo de la estructura.

Pese a que el riesgo por incendio en el proyecto sea reducido por el uso al que está destinada la construcción, el fuego siempre se ha de tener presente pues puede venir provocado por causas ajenas a la edificación y ha de estar preparada.

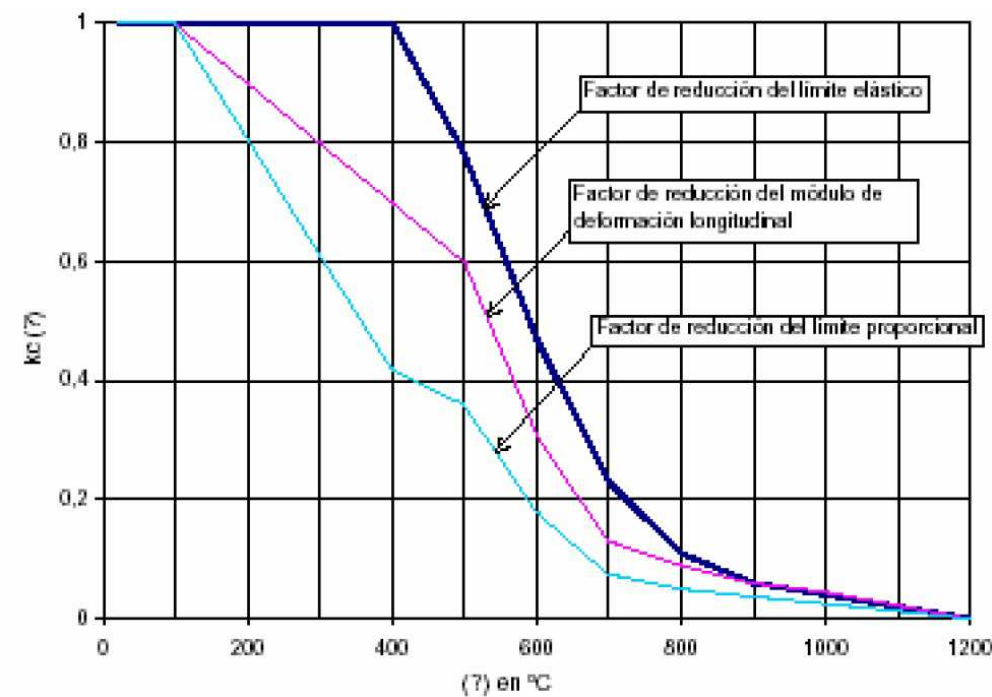


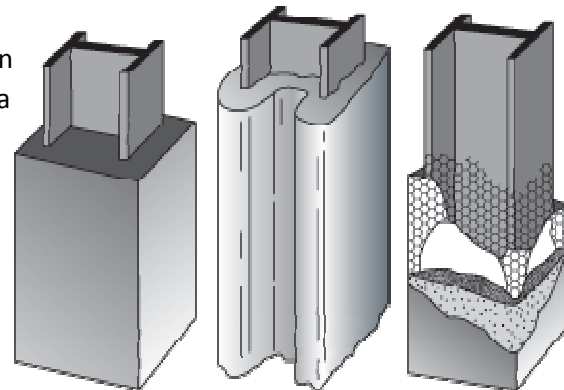
Imagen 27. Gráfica de la variación del factor de reducción frente a temperatura. Fuente: ipac-acero.com

En la gráfica anterior se muestran los factores de reducción de las características mecánicas del acero según va variando la temperatura a la que está sometido. Se observa que a partir de 200 °C, el factor de reducción del límite proporcional y el factor de reducción del módulo de deformación longitudinal comienzan a descender por debajo de la unidad. El límite elástico no se ve afectado hasta sobrepasar los 400 °C de temperatura, a partir de la cual comienza a reducirse casi paralelamente al resto de factores de reducción.

Como acciones de protección pasiva de una estructura metálica se encuentran varias, pero son unas pocas las más empleadas y efectivas. Éstas son las descritas a continuación:

- Protección sólida

Consiste en envolver al elemento metálico con hormigón corriente o de baja densidad, a sabiendas que éste no soporta cargas, sino que simplemente aporta resistencia al fuego. En función del nivel de resistencia que se requiera, el espesor será mayor o menor. Se trata de una solución que deja la apariencia de tratarse de una estructura de hormigón. Se emplea cuando no hay problemas de espacio o peso pues éste último se eleva considerablemente con ésta técnica, al igual que el volumen de los elementos.



- Pintura intumescente

Consiste en una película de espesor que varía entre 0,5 - 4 mm. Se calienta entre 100 - 200 °C, ésta se hincha y se convierte en espuma de espesor 10x veces mayor que la capa de pintura inicial. Ésta capa espumosa produce un aislamiento térmico al elemento metálico.

Se trata de una técnica de coste elevado y que se emplea para una R30 llegando raramente hasta R60. La ventaja que tiene es que no altera la apariencia estética de la estructura.



Imagen 28. Reacción de la pintura intumescente frente al fuego. Fuente: tectonica-online.com

- Productos proyectados

Se proyectan compuestos de productos de baja densidad directamente sobre el acero. Estos compuestos suelen ser productos pastosos como la vermiculita, cemento o yeso. Se aplican en varias capas y proporcionan una resistencia hasta R240. Tienen la desventaja de ser demasiados frágiles y dar una apariencia poco estética, por ello es una técnica que suele aplicarse en elementos que no están vistos.

- Productos en placa

Se forma un cajón alrededor del elemento metálico fabricado a base de fibras minerales o yeso. Se fijan sobre una estructura secundaria mediante tornillería o encolada, siendo necesaria una correcta y costosa puesta en obra.

Suele aplicarse esta técnica cuando el perfil es constante en la mayoría de la estructura, de lo contrario es gasto sería excesivo. Normalmente se emplean las placas de yeso por cuestiones económicas y porque permiten duplicar la duración de la protección frente al fuego.

- Losas mixtas

Permiten minimizar el canto de la viga gracias a la combinación del acero y el hormigón. Puesto que el hormigón resiste mal a tracción, se emplea sólo en la parte superior comprimida y el acero en la parte de abajo que trabaja a tracción. Proporcionan una resistencia R30 sin protección alguna. Se puede aumentar la resistencia añadiendo armadura en los nervios. También existen las vigas mixtas cuyo funcionamiento es similar al de las losas.

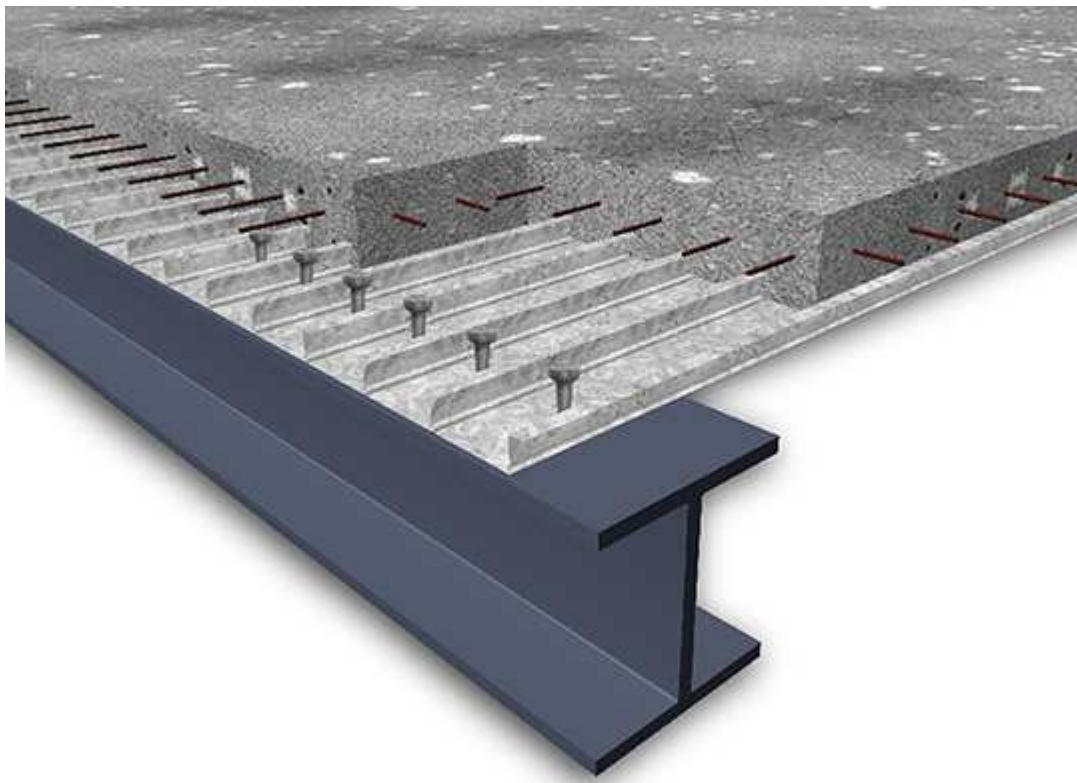


Imagen 29. Esquema de losa mixta. Fuente: constructalia.com

Toda vez que se han visto las ventajas y los inconvenientes de emplear estructura metálica, y las soluciones a dichos inconvenientes, lo siguiente es analizar construcciones similares realizadas para el mismo uso que el proyecto objeto de estudio y así poder confirmar que es la mejor solución.

- Cubierta autoportante

En un principio se plantea el diseño curvo de la cubierta para dotar a la construcción de diseño estructural, además de poder cubrir mayor luz que con una cubierta plana. Por ello, lo primero fue plantear realizar la cubierta curva autoportante. Se trata de una tipología de eje curvilíneo atribuido al equipamiento de fabricación y suplementada por tirantes en la parte inferior, el cual se encarga de soportar los esfuerzos horizontales.

De esta manera la cubierta sólo se encarga de transmitir los esfuerzos verticales a pilares. El tirante inferior está realizado de acero de alta resistencia y absorbe los esfuerzos horizontales en los apoyos dada la curvatura de la estructura. Normalmente se implementan también contravientos destinados a transmitir los

esfuerzos de la acción. Tiene la ventaja de la facilidad de colocación, reduciéndose los tiempos de ejecución hasta en un 50% comparado con otros sistemas. Además, por su peso reducido se reducen las cargas gravitatorias y con ello el tamaño de riostras y perfilaría antipandeo.

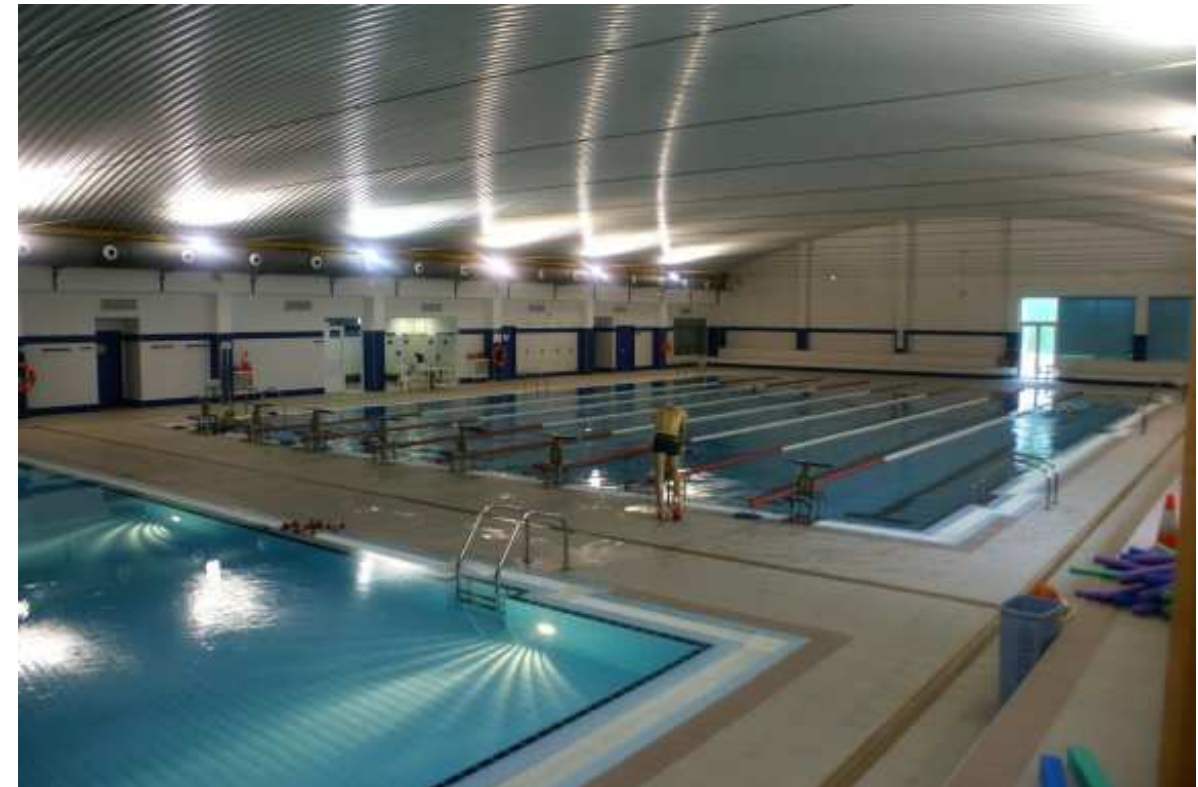


Imagen 30. Cubierta autoportante con tirante de la piscina cubierta de Montijo (Badajoz). Fuente: aytobadajoz.es

El problema que surge con esta tipología es en el caso de esfuerzos horizontales que obliguen a la cubierta a trabajar a compresión. En ese caso, el tirante no soporta tal esfuerzo y deja de trabajar. Además, en caso del viento se produce un “efecto succión” que consiste en que cuando el aire intenta esquivar el contorno de la cubierta, la forma curva de la misma impulsa al viento a subir hacia arriba produciendo un efecto sobre la cubierta que empuja a ésta a subir también hacia arriba, produciéndose grandes esfuerzos de compresión sobre la misma. En ese caso, la cubierta fallaría produciendo el desastre.

Además, dada la ligereza de esta tipología, se trata de un sistema más destinado a construcciones sin cerramientos laterales, tales como muelles de carga o maniobra. Se aconseja la aplicación de un elemento rigidizador interno que se encargue de compensar y absorber esfuerzos de empuje, tal como zunchado.



Imagen 31. Ejemplo de cubierta autoportante sin cerramientos laterales Fuente: apimet.com



Imagen 32. Vigas de cubierta de pistas deportivas en Mahón (Menorca). Fuente: apimet.com

Otro inconveniente que surgió con esta tipología era luz que era capaz de cubrir sin apoyos intermedios. La luz máxima que puede conseguirse con cubiertas autoportantes isostáticas está entorno a los 30 metros, siendo ésta una distancia insuficiente para el presente proyecto en el que se necesita cubrir una luz de 48 metros entre ejes de pilares.

Además, dado el uso del edificio proyectado y con ello la necesidad de colocar instalaciones en la cubierta, esta tipología ofrece pocas ventajas para ello frente a otros sistemas de tipología estructuras.

- Celosía metálica

Una vez descartada la tipología planteada de la cubierta curva autoportante, la otra opción que se plantea es una celosía. En tal opción surge la duda sobre qué tipología de celosía sería la más conveniente para las dimensiones del edificio y esfuerzos a soportar.

En esta imagen se muestra como se han empleado cerchas Howe de forma trapezoidal en los pórticos transversales. El hecho de emplear esta forma geométrica puede deberse, entre otras cosas, a la intención de querer dejar pasar luz natural a través de la cubierta y la fachada ya que la cubierta parece no disponer de claraboyas que permitan la iluminación natural.



Imagen 33. Vigas de cubierta de pistas deportivas en Campo de Criptana (Ciudad Real). Fuente: apimet.com

En esta imagen se muestra la metodología de cercha empleada para soportar la cubierta de una pista deportiva, una cercha Howe de forma triangular de acero laminado con las diagonales formando un ángulo próximo a los 45º respecto al cordón inferior.

Sin embargo, ésta no es una tipología del todo apropiada si toda la celosía está compuesta del mismo material. Llegó a ser una de las más empleadas en los primeros puentes de ferrocarril pues se conseguía que los elementos verticales (más cortos) trabajasen a tracción y las diagonales (más largas) estuviesen comprimidas. Ello suponía un ahorro económico pues los elementos metálicos eran muy caros y con esta tipología se reducía el coste.



Imagen 34. Estructura de cubierta del Polideportivo de Solita, en Caquetá (Colombia). Fuente: solita-coqueta.gov.co

En la imagen se muestra una cubierta de un polideportivo soportada por una cercha Pratt curva de acero laminado. Es de características similares a la Howe, pero en este caso las barras están inclinadas en sentido contrario de tal forma que las diagonales están sometidas a tracción y las barras verticales están sometidas a compresión. En el caso de la celosía Howe en la cual las diagonales están unidas en sus extremos donde coincide un montante con el cordón superior o inferior, las barras diagonales están sometidas a compresión y los montantes a tracción.

Entonces se plantea la opción de emplear la celosía Warren. Se trata de una tipología que forma triángulos isósceles o equiláteros y todas sus diagonales tienen la misma longitud, trabajando el cordón superior a compresión y el inferior a tracción. También existe la variación de dicha celosía en la que se agregan montantes verticales, pero ello se realiza para reducir las luces de las barras sometidas a compresión y reducir la flexión de las barras del cordón inferior. Se trata de una tipología que puede emplearse tanto en pequeñas como en grandes luces y tiene la ventaja de poseer una malla poco tupida lo cual da sensación de esbeltez.

Para adentrarse en el cálculo y dimensionamiento de una estructura metálica, se definen las acciones que actuarían sobre la estructura, coeficientes parciales de seguridad, coeficientes de simultaneidad y combinaciones de acciones para estados límite últimos y estados límite de servicio. Para ello se siguieron las siguientes normativas:

- CTE - Documento Básico de Seguridad Estructural
- CTE - Documento Básico de Seguridad Estructural - Acciones en la edificación
- CTE - Documento Básico de Seguridad Estructural - Seguridad en caso de incendio
- Norma de Construcción Sismorresistente: NCSE-02
- Eurocódigo 1: Acciones en estructuras (UNE-EN 1991-1-4)
- Instrucción Española de Acero Estructural: EAE 2011

A la vez que se iba revisando la tipología de celosías existentes en el mercado y sus características estructurales, se plantearon las acciones que tendría que soportar en función del uso y lo exigido por la norma. Con ello, se llegó a la conclusión que las acciones actuantes serían:

- Peso propio de celosía
- Peso propio de cubierta
- Acciones variables
 - Sobrecargas
 - Viento
 - Acción térmica
 - Nieve

Una vez que se ha decidido la tipología estructural a emplear e implementado las cargas actuantes sobre ésta en el programa informático, éste nos proporciona un primer esquema estructural del edificio provisional:

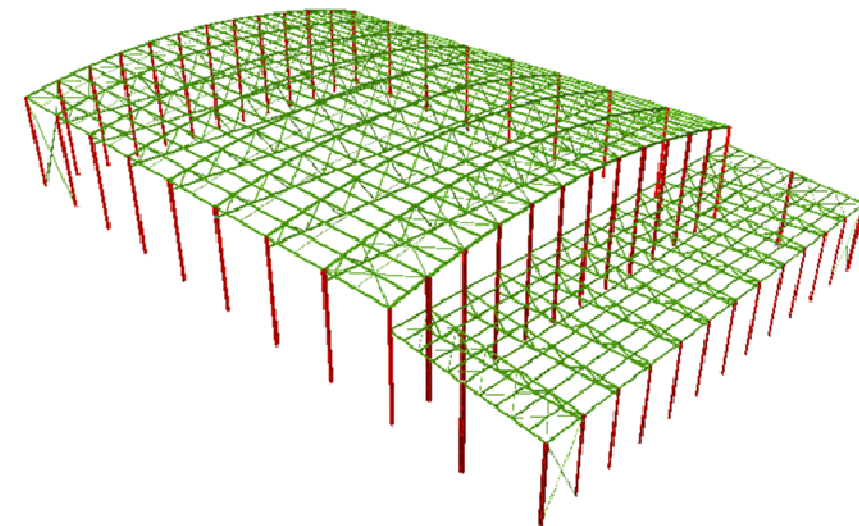


Imagen 35. Esquema estructural del proyecto. Fuente: Propia, mediante programa informático Cype

Llamando edificio principal a la parte de la estructura en la que se encuentra el vaso de piscina y graderío y edificio auxiliar a la parte del vestíbulo de acceso, en la primera de ellas se consigue una superficie de 2880 metros cuadrados. En la segunda de ellas se consigue obtener una superficie de 720 metros cuadrados por planta. Gracias a ésta distribución de pilares se ha conseguido liberar la zona del vaso de las piscinas de pilares con la construcción de pórticos de 48 m. de luz entre fachadas longitudinales. Estos pórticos están situados con una distancia de 7,5 m. entre ellos.

En las fachadas transversales se ha dejado una distancia de 8 m. entre pilares de pórtico ya que en caso de aumentar dicha distancia necesitaríamos perfiles de mayor tamaño y podrían aparecer problemas.

Además, el coste sería mayor por lo que se decide mantener la separación de 7,5 m. entre pórticos y 8 m. entre pilares. Excepto en la zona de la piscina donde se salva una distancia entre pilares de 48 metros.

Respecto al edificio auxiliar, se valoró inicialmente la posibilidad de mantener la altura del edificio principal pero toda vez analizada dicha decisión se comprobó que ello complicaba el cálculo y suponía un gasto económico totalmente innecesario pues no era útil alcanzar tanta altura cuando solamente se iban a construir dos forjados. Por ello, se piensa en modificar ese aspecto manteniendo la altura del edificio principal con 7 pórticos de 48 m. de luz alcanzando una altura en el centro del pórtico de 14 m y reducirla en la zona auxiliar.

Después de investigar y analizar construcciones de características similares ya realizadas, se comprueba que los perfiles más empleados para la ejecución de las vigas son los IPE o IPN (Doble T), los cuales son de altura mayor que la anchura de las alas. Cabe la posibilidad de emplear perfiles en H pero económicamente son muy superiores pues tienen muchas más sección de acero y solamente suelen emplearse cuando por razones constructivas se necesita un canto más reducido. Los criterios que se siguen para dimensionar y comprobar estos perfiles son los recogidos en la normativa EAE-2011 Instrucción Española de Acero Estructural. Puede resumirse el cálculo en comprobar que los valores de las tensiones a las que está sometida la sección es inferior a la tensión admisible, límite de fluencia, y que las deformaciones (flecha básicamente) están dentro de lo admisible por normativa.

En el caso de los pilares, cuya función es la de recoger las cargas que soportan las vigas y llevarlas hasta la cimentación (en este caso losa de hormigón), se recordó una enunciación que hizo Torroja: "Más vale pocos elementos robustos que gran cantidad de ellos, pero delgados". Toda una obviedad que en ocasiones no se tiene presente, porque parece evidente que transmitir las cargas soportadas de manera sencilla y por el camino más corto debería ser un objetivo importante y presente en el diseño estructural.

Llegado el momento de dimensionar las barras, en un primer momento se optó por dimensionar todas las barras con perfiles IPE. Sin embargo, la esbeltez mecánica de estos proporcionaba unos soportes de unas dimensiones muy elevadas. A continuación, se pensó en arriostrar los pórticos extremos con redondos formando cruces de San Andrés, pero el problema seguía estando. Se decidió por colocar correas para, de esta manera, aumentar el arriostramiento y acortar la longitud de las barras. Aún así, el cálculo continuó proporcionando perfiles de dimensiones excesivas. Después de todo esto, se optó por probar con soportes de la serie HEB pues son estos los que mejor se adaptan a la función de soporte pues la relación de radios de giro I_x / I_y es reducida en comparación con otras series de perfiles metálicos como los IPN en los cuáles dichas relaciones, en el mismo tamaño, es 7 veces mayor.

El dimensionado y comprobación de estos se realiza según los criterios recogidos en la norma EAE-2011. La componente principal de sollicitación es el esfuerzo normal de compresión, el cual puede ir combinado con

flexión, cortante y torsión, y son por tanto barras comprimidas en las que los fenómenos de pandeo adquieren mucha importancia sobre el resto.

Para ello, los pasos que se siguen son:

- Analizar la longitud de pandeo l_k
- Calcular la esbeltez mecánica λ
- Buscar en la tabla normalizada el coeficiente de pandeo β
- Calcular, según el tipo de sollicitación, a pandeo

En la zona principal del edificio, los pórticos están situados a 7,5 metros de separación entre ellos, formados mediante una celosía metálica cilíndrica tipo Warren tal y como se muestra en la imagen:

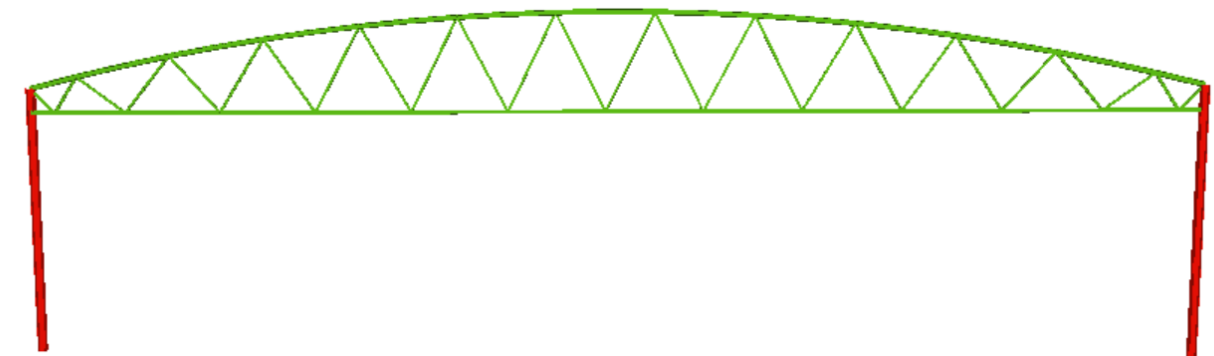


Imagen 36. Esquema de pórtico tipo del proyecto. Fuente: Propia, mediante programa informático Cype

La estructura finalmente estará compuesta por 7 pórticos como el de la imagen, el cual está formado por 2 pilares de 10 metros de altura y una celosía de 48 metros de longitud y 4 metros de altura en el centro. Desde un primer momento se tuvo la idea de que la cubierta fuese de sección curva y no a 2 aguas como se hace habitualmente. En ese caso se hubiese reducido el cálculo de la misma, pero se llegó a la conclusión de que era más importante el diseño y la belleza de la construcción que un cálculo más complejo, pues se comprobó que era resoluble mediante software informáticos tales como Cype o SAP.

Tras realizar los cálculos y dimensionamiento mediante el apoyo informático aplicando todas las cargas existentes definitivas ya calculadas previamente a mano, resultó que eran necesarios perfiles HEB 280 tanto en los pilares hastiales como en los pilares del pórtico intermedio. En las celosías Warren resultan necesarios perfiles HEB 200 en el cordón superior y HEB 160 en el cordón inferior. Las diagonales se forman con 2 perfiles UPN 100 en cajón soldado, ofreciendo así resistencia suficiente para las cargas que soporta. Para las correas, las cuales van colocadas distanciadas 2,02 metros, resultan IPE 220 suficientes para transmitir las cargas a la celosía. Éstas van colocadas perpendicularmente al cordón superior de las celosías.

Como protección frente a movimientos horizontales originados por viento y sismo se disponen cruces de San Andrés entre pilares entre el pórtico de la fachada de contraviento y el siguiente pórtico intermedio. Análogamente, entre los cordones superiores de los mismos pórticos mencionados se disponen cruces de San Andrés manteniendo la inclinación del cordón superior. De esta manera queda la estructura atada y protegida frente a cargas horizontales elevadas.

En las fachadas de contraviento no son necesarias celosías ya que se colocan los pilares con una distancia entre ellos de 4 metros subiendo estos hasta el cordón superior.

En la parte del vestíbulo auxiliar, de 15 metros de longitud y 48 metros de anchura, se apuesta por una celosía tipo Warren a un agua de pendiente 5, 71°. En el punto más alto se alcanza una altura de 9 metros y de 7,5 metros en la fachada Norte.

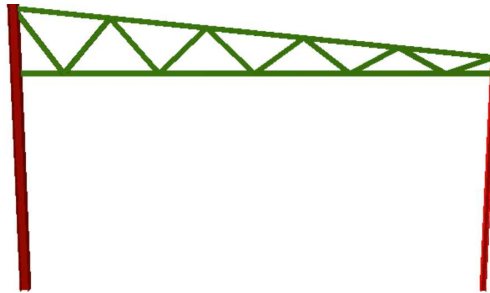


Imagen 37. Esquema estructural de la sección longitudinal del edificio auxiliar del proyecto.

Fuente: Propia, mediante programa informático Cype

Tal y como se ha argumentado anteriormente en el presente estudio, se antojaba innecesario prolongar y mantener la altura en ambas zonas del edificio y por ello se decide por reducir la altura en el edificio auxiliar y realizar una cubierta a un agua con inclinación Norte.

Los pórticos se sitúan a una distancia entre ellos de 4 metros coincidiendo así con los pilares de la fachada principal. De esta manera resultan 11 pórticos perpendiculares al pórtico intermedio del edificio principal, actuando éstos de protección frente a movimientos horizontales para los pórticos principales. Al igual que se realiza en la estructura principal, los pórticos frontales están formados por un cordón superior y un pilar colocado a 3,75 metros desde la fachada Norte. Las correas van sobre el cordón superior distanciadas 1,5 metros. También se ha de dotar a esta estructura de cruces de San Andrés entre los primeros pórticos y los inmediatamente siguientes, al igual que sobre el cordón superior de los pórticos indicados.

A la vez que el programa informático proporciona los perfiles necesarios para la estructura principal también proporciona los necesarios para la estructura auxiliar pues se ha dimensionado el conjunto como una única para que así el dimensionamiento sea el correcto, independientemente que se describan por separado. Así, los pilares hastiales se han de realizar con perfiles HEB 280 de acero laminado y los de los pórticos intermedios con perfiles HEB 160. En este caso las diagonales y correas se forman con perfiles IPE 160 pues las cargas a soportar son mucho más reducidas que en la estructura principal. En lo que respecta a la celosía, el cordón superior está conformado por perfiles IPE 160 y el cordón inferior necesita perfilera IPE 180.

En el presente anejo se han estudiado las diferentes opciones y alternativas que se han barajado en el grupo de trabajo hasta alcanzar la óptima, tanto en la decisión de la distribución del aparcamiento subterráneo, como de la distribución del edificio y la estructura a emplear. En él se han recogido las principales ventajas e inconvenientes que han planteado todas estas alternativas y se ha argumentado la opción escogida como la óptima por sus ventajas sobre el resto de alternativas. En el Anejo Nº 11: "Análisis y Cálculos estructurales. Parte 2" se describe y argumenta con mayor grado de detalle todo el proceso de cálculo por el cual se llega a demostrar que la solución escogida es la solución óptima de la estructura del proyecto.