

ANEJO Nº1. ESTUDIO DE SOLUCIONES

ÍNDICE

1.-INTRODUCCIÓN

2.-TIPOLOGÍA DE PÓRTICOS

2.1. PÓRTICO A DOS AGUAS ATIRANTADO REFORZADO CON CARTELAS

2.1.2. CARACTERÍSTICAS

2.1.2. RESULTADOS

2.1.3. PUNTUACIÓN

2.2. PÓRTICO A DOS AGUAS REFORZADO CON CARTELAS

2.2.1. CARACTERÍSTICAS

2.2.2. RESULTADOS

2.2.3. PUNTUACIÓN

2.3. PÓRTICO A DOS AGUAS CON VIGAS ALVEOLADAS

2.3.1. CARACTERÍSTICAS

2.3.2. RESULTADOS

2.3.3. PUNTUACIÓN

2.4.ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ÓPTIMA

3.-SEPARACIÓN ENTRE CORREAS

4.-FORJADO

5.-CIMENTACIÓN

6.-PLACAS DE ANCLAJE

1.- INTRODUCCIÓN.

El estudio de soluciones se plantea desde distintos puntos de vista para encontrar la tipología más adecuada para el pabellón polideportivo de este proyecto, teniendo en cuenta que se ubicará en una zona urbana.

Cabe destacar que para la realización de este proyecto nos vienen impuestas una serie de condiciones que son:

- La estructura tiene que ser metálica.
- Cubierta a dos aguas.
- Las dimensiones exteriores en planta de la estructura no deberán sobrepasar los 35m de ancho ni los 50m de largo.
- La fachada se solucionará de la siguiente manera:

Las fachadas de la zona de pista están formadas por una doble fábrica de ladrillo cerámico perforado, vista al exterior y al interior. Por el interior llega hasta 3 metros, y desde esa altura una hoja de ladrillo perforado de 9 cm. de grueso, colocado a panderete y con los agujeros vistos (por acústica). Al exterior, a partir de 4 m., se soluciona con paneles de doble chapa metálica galvanizada y prelacada con poliuretano como aislamiento térmico, de 35 mm de espesor, anclados a los soportes de la estructura con una estructura auxiliar metálica.

- La altura libre de la nave deberá ser igual o superior a 7m ya que en ella se practicarán deportes como el baloncesto o el voleibol que necesitan dicha altura.

Por lo que el estudio se centrará en:

- Tipología general de los pórticos: cuya finalidad es encontrar la tipología más óptima para el pabellón polideportivo, para lo que se tendrá en cuenta una serie de factores.
- Separación entre correas: dependerá de la luz y las cargas que sea capaz de soportar la chapa que haya que poner en la cubierta.
- Tipo de forjado a disponer en la estructura de los vestuarios.

Los condicionantes que se tendrán en cuenta para el criterio de selección son fundamentalmente:

- Funcionales
- Técnicos
- Estéticos
- Económicos

Se elegirá la estructura que mejor cumpla los condicionantes anteriores.

Para ello se compararán los siguientes tipos estructurales:

- Estructura metálica de pórticos rígidos atirantada reforzado con cartelas.
- Estructura metálica de pórticos rígidos con vigas alveoladas.
- Estructura metálica de pórticos rígidos reforzado con cartelas.

2.- TIPOLOGÍA DE PÓRTICOS

Como viene impuesto indirectamente debido a las dimensiones de la parcela, el pabellón tendrá una luz de 24,79 m. y una altura libre de al menos 7 m. Para ello se utilizará una estructura aporticada con las características que se consideren más favorables a partir del siguiente Estudio de Soluciones.

En este apartado se estudiará la tipología de pórticos óptima, se estudia en cada caso una estructura simplificada que consiste en un pórtico plano al que se le aplican las restricciones que el resto de la estructura impone frente a pandeo. Se emplean las cargas detalladas en el Anejo de Análisis Estructural.

Los criterios para la elección serán:

1. Coste de fabricación de la estructura, que incluye:

- 1.1. Coste de los materiales, que es proporcional al peso de la estructura.
- 1.2. Coste de elaboración en taller por trabajos de corte y soldadura.

2. Coste de la cimentación, que será muy similar en ambos casos ya que depende de las características del terreno, que será igual en los dos, y de las cargas a transmitir a la cimentación, que sólo se diferenciará en el peso de la estructura y se llevará muy poco.

3. Tiempo y coste de montaje de la estructura en obra. Es un criterio de elección muy importante ya que una disminución del tiempo de montaje significará una reducción del coste de la obra, tanto en costes directos como en indirectos. Las estructuras atornilladas y aquellas con un menor número de elementos que deban montarse en obra se considerarán más favorables. Por otro lado, aquellas que tengan elementos más pesados y por tanto compliquen su puesta en obra, serán más desfavorables ya que necesitarán un mayor tiempo de colocación.

4. Seguridad estructural. Sea cual sea la tipología elegida, se dimensionará de forma que la estructura sea igualmente segura, por lo que este factor no se debería tener en cuenta a la hora de elegir un tipo u otro. Sin embargo, debido a la dificultad de controlar las uniones soldadas en obra, se considerará más desfavorable una estructura soldada frente a una atornillada.

5. Factores estéticos. Debido a que es una estructura que será utilizada como pabellón polideportivo, se tendrá en cuenta la estética de la obra. A pesar de esto, es un factor menos decisivo y está sujeto a cierta subjetividad, por lo que tiene un peso menor que los anteriores.

6. Funcionalidad. Sea cual sea la tipología se dimensionará de forma que se ajuste al uso para el que está prevista en cuanto a funcionalidad y durabilidad por lo que no es un factor a tener en cuenta.

La ponderación según la importancia que tendrán los aspectos anteriores es la siguiente:

		Coeficientes de ponderación
Coste de fabricación	1.1	4.5
	1.2	2.5
Coste de cimentación	2	1
Coste de montaje	3	1
Seguridad estructural	4	0.5
Factores estéticos	5	0.5

Como se puede observar, se asignará un peso del 90% de la decisión final a los condicionantes económicos.

Posteriormente, se asigna a los apartados 1, 2, 3, 4, 5 y 6 una puntuación de 0 a 10, siendo la puntuación mayor cuanto más favorable sea la estructura, es decir, cuanto más económica, estética y de más fácil montaje, más puntuación tendrá. En cuanto a la seguridad, se asignará un valor de 10 a las estructuras atornilladas y un valor de 0 a las soldadas.

Finalmente se asignará una puntuación global a cada una de las soluciones, lo que nos permitirá elegir la tipología más óptima. Para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$P = 0.45 \times P_{1.1} + 0.25 \times P_{1.2} + 0.10 \times P_2 + 0.10 \times P_3 + 0.05 \times P_4 + 0.05 \times P_5$$

2.1.- PÓRTICO A DOS AGUAS ATIRANTADO REFORZADO CON CARTELAS

2.1.1. Características

Para este primer caso se emplean pórticos corrientes con vigas de alma llena al que se incorpora un tirante que une la cabeza de los pilares, esta solución además, dispone de acartelamientos en los extremos del pórtico. Las vigas que forma el dintel estarán arriostradas cada 2.46m frente a pandeo lateral debido a la existencia de las correas, así como los pilares, que estarán arriostrados cada 2.67m. Las uniones serán soldadas. La pendiente de la cubierta será de un 8%.

2.1.2. Resultados

Del cálculo de la estructura se pueden obtener las siguientes conclusiones:

-La primera solución que cumpliría las limitaciones estado límite último y de servicio sería la utilización de perfiles HEB340 en la cubierta y HEB300 en pilares.

Cabe destacar que debido al acartelamiento, en los extremos de los dinteles se dispondrá un perfil HEB300 más otro con únicamente el ala inferior con el mismo espesor que el perfil HEB300 y que cuya altura más la del perfil anterior suma un total de 0,6m que a 2,46m pasará a ser un perfil HEB300 como en el resto del dintel. Para la zona del vestuario se utilizará perfiles HEB450 para las vigas y HEB300 para los pilares. Cabe destacar que las correas en el pórtico plano de la siguiente imagen han sido materializadas mediante puntos en los que se ha colocado una restricción en el eje 2 (es decir, en el plano perpendicular al papel).

En la página siguiente se muestra la configuración empleada, en la que con los colores se observa si es poco eficiente o muy eficiente en una escala de colores (el color blanco significará que es demasiado eficiente y el rojo significará que no es eficiente, siendo lo ideal colores azules, verdes o amarillos).

Se obtienen los siguientes datos:

Peso por pórtico: 9354,41 kg

Momento transmitido a cimentación (en servicio) KNxm: 122,18

Es importante nombrar que esta solución ha sido descartada ya que el tirante entra en compresión y pandea y éste ha sido diseñado únicamente para trabajar a tracción, pasando entonces a comprobar éste mismo pórtico pero sin el tirante.

2.1.3. Puntuación

		Coeficientes de ponderación
Coste de fabricación	1.1	3
	1.2	5
Coste de cimentación	2	3
Coste de montaje	3	10
Seguridad estructural	4	0
Factores estéticos	5	0

La puntuación total para el pórtico a dos aguas con perfiles laminados atirantado reforzado con cartelas es:

$$P = 0.45 \times 3 + 0.25 \times 5 + 0.10 \times 3 + 0.10 \times 10 + 0.05 \times 0 + 0.05 \times 0 = 3,9$$



2.2.- PÓRTICO A DOS AGUAS REFORZADO CON CARTELAS

2.2.1. Características

Para este caso se emplean pórticos corrientes con vigas de alma llena que dispone de acartelamientos en los extremos del dintel. Las vigas que forma el dintel estarán arriostradas cada 2.46m frente a pandeo lateral debido a la existencia de las correas, así como los pilares, que estarán arriostrados cada 2.67m. Las uniones serán soldadas. La pendiente de la cubierta será de un 8%.

2.2.2. Resultados

Del cálculo de la estructura se pueden obtener las siguientes conclusiones:

-La primera solución que cumpliría las limitaciones de estado límite último y de servicio sería la utilización de perfiles HEB320 tanto en las vigas de cubierta como en los pilares.

Cabe destacar que debido al acartelamiento, en los extremos de los dinteles se dispondrá un perfil HEB320 más otro con únicamente el ala inferior con el mismo espesor que el perfil HEB320 y que cuya altura más la del perfil anterior suma un total de 0,6m que a 2,46m pasará a ser un perfil HEB320 como en el resto del dintel. Para la zona del vestuario se utilizará perfiles HEB450 para las vigas y HEB320 para los pilares. Cabe destacar que las correas, que en el pórtico plano de la siguiente imagen han sido materializadas mediante puntos en los que se ha colocado una restricción en el eje 2 (es decir, en el plano perpendicular al papel), serán perfiles IPE160.

En la página siguiente se muestra la configuración empleada, en la que con los colores se observa si es poco eficiente o muy eficiente en una escala de colores (el color blanco significará que es demasiado eficiente y el rojo significará que no es eficiente, siendo lo ideal colores azules, verdes o amarillos).

Se obtienen los siguientes datos:

Peso por pórtico: 7477,6 kg

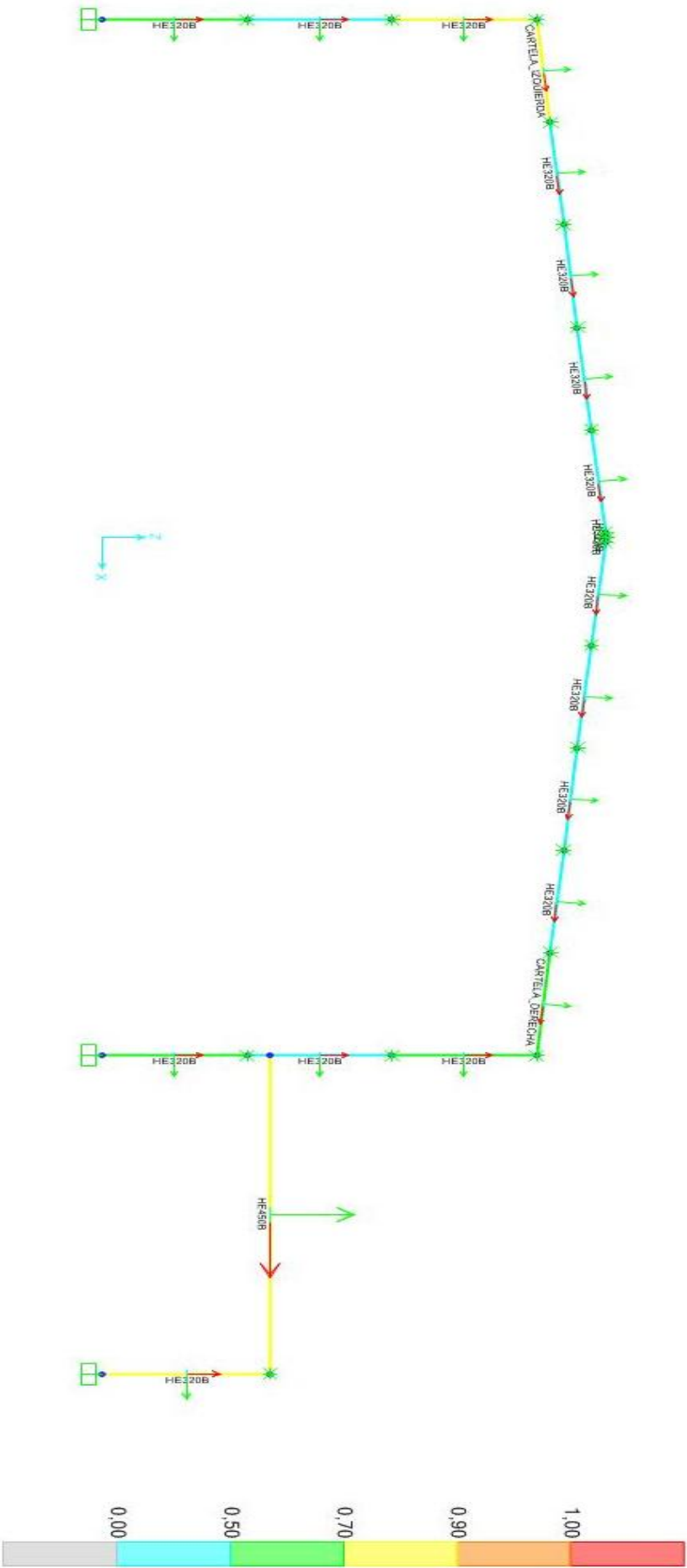
Momento transmitido a cimentación (en servicio) KNxm: 124,02

2.2.3. PUNTUACIÓN

		Coeficientes de ponderación
Coste de fabricación	1.1	7
	1.2	7
Coste de cimentación	2	7
Coste de montaje	3	10
Seguridad estructural	4	0
Factores estéticos	5	10

La puntuación total para el pórtico a dos aguas con perfiles laminados atirantado reforzado con cartelas es:

$$P = 0.45 \times 7 + 0.25 \times 7 + 0.10 \times 7 + 0.10 \times 10 + 0.05 \times 0 + 0.05 \times 10 = 7.1$$



2.3. PÓRTICO A DOS AGUAS CON VIGAS ALVEOLADAS

2.3.1 Características

Para este caso se emplean pórticos compuestos de pilares de perfiles de alma llena y vigas alveoladas con alveolos hexagonales. Las vigas que forman el dintel estarán arriostradas cada 2.46 m frente al pandeo lateral debido a la existencia de las correas, así como los pilares, que estarán arriostrados frente al pandeo cada 2,67m. Las uniones serán soldadas. La pendiente de cubierta será de un 8%.

2.3.2. Resultados

Con esta configuración, para cumplir con las limitaciones de los estados límite últimos y de servicio se podrían emplear perfiles HEB280 para los pilares y vigas alveoladas con alveolos hexagonales de 525mm de canto y espesores iguales a los de un perfil HEA360 para los dinteles. Además, los perfiles que conformarán la estructura del vestuario serán HEB 450 para las vigas que soportarán el forjado y HEB 320 para los pilares.

En la página siguiente se mostrará la configuración empleada.

Los resultados necesarios para la comparación son:

Peso propio del pórtico: 6260,4 Kg

Momento transmitido a cimentación (en servicio) KNxm: -109,16

2.3.3. Puntuación

		Coeficientes de ponderación
Coste de fabricación	1.1	8
	1.2	3
Coste de cimentación	2	10
Coste de montaje	3	10
Seguridad estructural	4	0
Factores estéticos	5	7

La puntuación total para el pórtico a dos aguas con perfiles laminados para los pilares y vigas alveoladas para la cubierta es:

$$P = 0.45 \times 8 + 0.25 \times 3 + 0.10 \times 10 + 0.10 \times 10 + 0.05 \times 0 + 0.05 \times 7 = 6,7$$



2.4. ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ÓPTIMA

En el siguiente cuadro se comparará la puntuación de las dos soluciones estudiadas con el fin de elegir la más óptima:

Tipología	Puntuación
Pórtico a dos aguas atirantado reforzados con cartelas	3.9
Pórtico a dos aguas reforzado con cartelas	7.1
Pórtico a dos aguas con vigas alveoladas	6.7

Como puede observarse en el cuadro anterior, la solución adoptada es la del pórtico a dos aguas reforzado con cartelas ya que el pórtico de vigas alveolares tiene un mayor coste debido al tipo de vigas y el pórtico atirantado quedó descartado al entrar el tirante en compresión.

3.- SEPARACIÓN ENTRE CORREAS.

La separación de las correas de la cubierta estará condicionada por la separación que deba de haber entre los apoyos de la chapa y por tanto por la carga que tenga que soportar ésta.

La carga que tendrá que soportar la chapa será la proporcionada por la nieve o sobrecarga (la más desfavorable ya que según el CTE no serán concomitantes) y el viento:

-Nieve= 0.2 KN/m²

-Sobrecarga= 0.4 KN/m²

-Viento X_1_a (dirección de izquierda a derecha):

Succión → Cubiertas a dos aguas (según zonas CTE_SE-AE)

-q_e= 1.445 KN/m²

-q_e= 0,51KN/m²

-Viento X_1_b (dirección de izquierda a derecha):

Succión → Cubiertas a dos aguas (según zonas CTE_SE-AE)

-q_e=0.51KN/m²

-Viento X_2_a (igual que el Viento X_1_a pero en la dirección contraria)

-Viento X_2_b (igual que el Viento X_1_b pero en la dirección contraria)

Por lo que la carga más desfavorable que tendrá que resistir será:

0.4 KN/m²= 40,77Kg/m²

Debido a esto, se podrá adoptar del lado de la seguridad, una separación entre apoyos de la chapa y, por tanto, de correas de 2,5 m que soportará hasta una carga de 389

Kg/m² teniendo en cuenta que la chapa que se colocará será una chapa de panel tipo sándwich de 80 mm de espesor cuyo peso será de 11,30 Kg/m².

CARACTERÍSTICAS DEL PANEL (Chapas de acero interior y exterior de 0.50mm/0.40mm de espesor nominal)								
Espesor del panel (mm):		30	40	50	60	80	100	120
Peso del panel (kg/m2):		9.30	9.70	10.10	10.50	11.30	12.10	12.80
Transmitancia térmica (U)	Kcal/m²h°C	0.56	0.43	0.35	0.29	0.22	0.18	0.15
	Watt/m²°C	0.65	0.50	0.41	0.34	0.26	0.21	0.17

ESQUEMA ESTÁTICO – DOS APOYOS – Distancia entre apoyos en cm.													
Espesor del panel (mm)	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	450	500
30	408	355	312	249	199	165	138	117	100	87	79	–	–
40	–	394	345	310	257	212	176	152	130	114	100	84	–
50	–	–	388	347	312	265	222	192	163	141	125	97	80
60	–	–	–	383	348	318	272	233	201	172	155	120	94
80	–	–	–	–	389	353	333	292	263	233	213	169	123

4. -FORJADO

El tipo de forjado a disponer en la estructura de los vestuarios, en este caso será de placas alveolares (15+5)x20 debido a la imposibilidad de colocar un forjado de viguetas ya que la separación más corta entre las vigas que apoyará el forjado es de 7,6m, que es mayor 7m.

El tipo de losa será P15x120-4.

La elección de dicho forjado se debe a los cálculos indicados en el Anejo de Análisis Estructural.

5.-CIMENTACIÓN

Las zapatas que se dispondrán en la base de la estructura serán zapatas centradas cuadradas unidas mediante vigas de atado, además se ha recomendado mediante el estudio geotécnico la utilización de pozos de cimentación. El cálculo de las dimensiones de los distintos tipos de pozos de cimentación, así como las dimensiones y armado de las zapatas queda reflejado en el Anejo de Análisis Estructural y son las siguientes:

ZAPATA TIPO I:

-ZAPATA: 2,5m x 2,5m x 0,6m

Armado inferior # : 18Ø12 en la dirección longitudinal

18Ø12 en la dirección transversal

-POZO DE CIMENTACIÓN: 2,5m x 2,5m x 1,5m

Armado: el pozo de cimentación se armará con un 1Ø16 en cada esquina del mismo, como queda ya indicado en los planos.

ZAPATA TIPO II:

-ZAPATA: 2,3m x 2,3m x 0,6m

Armado inferior # : 14Ø12 en la dirección longitudinal

14Ø12 en la dirección transversal

-POZO DE CIMENTACIÓN: 2,3m x 2,3m x 1,5m

Armado del pozo: el pozo de cimentación se armará con 1Ø16 en cada esquina del mismo.

ZAPATA TIPO III:

-ZAPATA: 1,1m x 1,1m x 0,55m

Armado inferior # : 8Ø12 en la dirección longitudinal

8Ø12 en la dirección transversal

-POZO DE CIMENTACIÓN: 1,1m x 1,1m x 1,55m.

Armado del pozo: el pozo de cimentación se armará con 1Ø16 en cada esquina.

El pozo de cimentación irá empotrado 0,3m en el terreno resistente.

6.-PLACAS DE ANCLAJE

En este apartado se procederá a definir las dimensiones de las diferentes placas de anclaje según el tipo de zapata, así como los pernos necesarios para su correcto funcionamiento:

- ZAPATA TIPO I:

Dimensiones(m): 0,52 x 0,50 x 0,04

Pernos: 4Ø20 de acero B500S

-ZAPATA TIPO II:

Dimensiones(m): 0,52 x 0,50 x 0,04

Pernos: 4Ø20 de acero B500S

-ZAPATA TIPO III:

Dimensiones(mm): 0,38 x 0,38 x 0,04

Pernos: 4Ø20 de acero B500S

Los cálculos realizados para el dimensionamiento de las placas de anclaje quedan redactados en el Anejo de Análisis Estructural.