



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

[Estudio de ampliación en el campo de futbol La Romareda]

Autor

[Ángel Ferruz Martín]

En colaboración con Álvaro Sancho Gómez-Zurdo

Director

[Juan Villarroya Gaudó]

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia

2015



**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

ESTUDIO DE AMPLIACIÓN "LA ROMAREDA"

Autor: Ángel Ferruz Martín; Álvaro Sancho Gómez-Zurdo

Director: Juan Villarroya Gaudó

Fecha: 06-Marzo-2015

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL	2
2.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS	2
2.3. OBJETIVO ACADÉMICO	3
3. INTRODUCCIÓN	4
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN.	4
3.2. PROPUESTA POWERING TRANSFORMATION.	4
3.3. ADAPTACIÓN DEL CONCURSO AL TRABAJO.	5
3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.	5
4. CONTENIDO DE LA MEMORIA	6
4.1. ESTUDIO DE VISUALES	7
4.1.1. Entorno y condicionantes	7
4.1.1.1. Posición del sol	7
4.1.1.2. Dirección del viento	8
4.1.1.3. Otros parámetros	8
4.1.2. Geometría del graderío	9
4.1.2.1. Dimensiones de las gradas para espectadores sentados	9
4.1.2.2. Definición de la pendiente transversal del graderío	9
4.1.3. Cálculo de la línea isóptica	11
4.1.4. Geometría en planta de los graderíos	15
4.1.5. Estudio tridimensional	17
4.2. DEFINICIÓN DE LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL	19
4.2.1. Estructura vertical	20
4.2.1.1. Pilares	20
4.2.1.2. Ménsulas	22
4.2.2. Estructura Horizontal	23
4.2.2.1. Forjados	23

INDICES

4.2.2.2. Vigas	25
4.2.3. Elementos de comunicación vertical.	30
4.2.4. Cimentación	32
5. ESTUDIO DE EMISIONES DE CO2	35
6. CONCLUSIONES	38
7. RELACIÓN DE ANEJOS	39
8. BIBLIOGRAFÍA	40
9. AGRADECIMIENTOS	42

INDICE DE ILUSTRACIONES

1. Diseño Powering Transformation	4
2. Orientación Campo de fútbol La Romareda	7
3. Orientación idónea de un campo de fútbol. Fuente: Esteyco s.a.	8
4. Expresiones analíticas de la geometría de la grada. Fuente: Esteyco S.A.	10
5. Definición geométrica ideal. Fuente Esteyco s.a.	15
6. Esquema gráfico para un espectador. Fuente Esteyco s.a.	15
7. Calidad visual en zonas de peor confort en grada tipo. Fuente OSOME s.a.	17
8. Visual Romareda 1	17
9. Visual Romareda 2	18
10. Visual Romareda 3	18
11. Diseño lineal del pórtico	20
12. Designación de pilares	21
13. Esquemas de distancias	23
14. Losa alveolar FA30T5 con tabica	24
15. Losa alveolar FA25T5	24

16. Esquema designación vigas	26
17. Diseño final estructura	29
18. Vistas elementos comunicación vertical.....	30
19. Planta ampliación Romareda.....	31
20. Cimentación en planta	34
21. Cimentación en perfil.....	34

INDICE DE TABLAS

1. Línea isóptica ideal.....	12
2. Gráfico de Línea isóptica ideal.....	12
3. Línea isóptica real	13
4. Gráfico de línea isóptica real.....	13
5. Gráfico líneas isópticas combinadas.....	14

1. RESUMEN

Este Trabajo Fin de Grado trata del diseño, cálculo y proyecto de la estructura necesaria para realizar una ampliación de más de 7000 butacas para nuevos asistentes al campo, así como su estudio de visuales.

Como se verá posteriormente, para la resolución de este estudio fue necesario prestar especial importancia al cálculo de visuales para determinar la geometría del graderío, así como su inclinación y altura.

Para la estructura se pensó en realizar pórticos de hormigón armado prefabricado. El cálculo de esta estructura se ha hecho usando tanto programas informáticos tipo Cype como cálculos manuales.

Esta ampliación es consecuencia de la necesidad de incluir a "La Romareda" en el listado de campos de 1º categoría de la UEFA para permitir la disputa de una final de la UEFA Europa League.

Los requisitos de esta ampliación vienen condicionados según las necesidades establecidas en conjunto por todos los integrantes del equipo UNIZAR para el concurso POWERING TRANSFORMATION ZARAGOZA, ganadores de una HONOURABLE MENTION A LA INTERACTIVIDAD.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Este Trabajo Final de Grado tiene como objetivo principal estudiar la viabilidad ergonómica, estructural y económica de una nueva ampliación realizada en el campo de fútbol La Romareda de la ciudad de Zaragoza.

La nueva estructura de graderío permitirá incluir un mínimo de 7000 nuevos asistentes al campo, cumpliendo con todas las normativas y procurando el máximo confort de los ocupantes.

Con la intención de restringir nuestro Trabajo y no interferir en la estructura existente, esta ampliación será independiente y autoportante.

2.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS

Para la realización del objetivo principal resulta imprescindible realizar una lectura, estudio e interpretación de todas las normativas vigentes, desde determinados Documentos Básicos del actual Código Técnico de la Edificación (CTE), hasta el Reglamento General de Policía de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas (RGPEPAR), pasando por algunos capítulos de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Además de estas normativas oficiales, también es necesario realizar una lectura y comprensión de algunos Artículos y Estudios reconocidos, escritos por ingenieros expertos en su campo como pueda ser el escrito por el ingeniero de caminos Javier Rui-Wamba Martija y su Estudio sobre "Consideraciones Sobre la Orientación y Dimensiones de un Campo de Fútbol y sobre la Geometría de los Graderíos".

Todos estos documentos son necesarios para conseguir realizar un correcto diseño de la grada y de sus visuales, así como el cálculo estructural y de cimentación.

2.3. OBJETIVO ACADÉMICO

El objetivo académico principal que podemos extraer de este proyecto es la intención de plasmar en él todos los conocimientos posibles adquiridos a lo largo de estos cuatro años de carrera y así asentar las bases que nos ayudarán a desenvolvernos en el mundo laboral.

No se puede obviar que otro de los objetivos que nos mueve a la realización de este trabajo es la obtención del Título de Graduados en Arquitectura Técnica.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN.

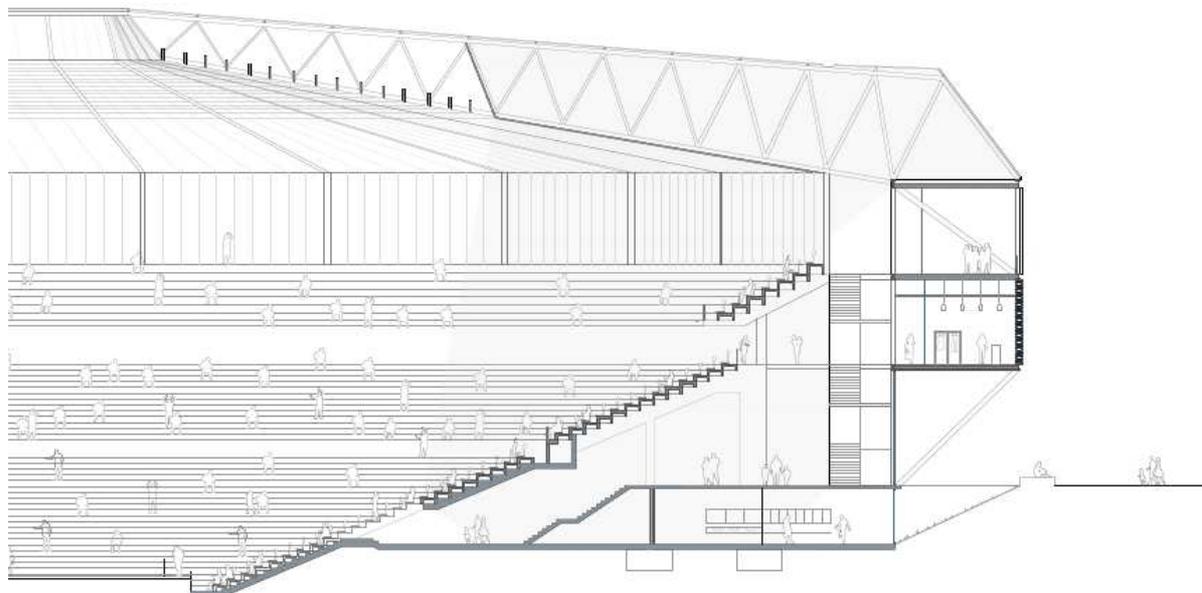
El edificio objeto de este trabajo se encuentra en el barrio La Romareda del distrito Universidad. El lateral oeste está en la plaza Eduardo Ibarra, el fondo norte en la calle Luis Bermejo, el lateral este en el paseo Isabel La Católica y el fondo Sur en la calle Jerusalén.

El estadio fue inaugurado en 1957 y reformado en 3 ocasiones posteriores, la última de ella en 1994. Cuenta con una altura de 20,5m desde su base hasta la cubierta y unas dimensiones exteriores de 196x150m

3.2. PROPUESTA POWERING TRANSFORMATION.

Como se ha mencionado anteriormente, este Trabajo Fin de Grado es una ampliación de la propuesta introducida en el concurso Powering Transformation.

El diseño realizado para dicho concurso es el que puede verse en la figura 1.



1. Diseño Powering Transformation

3.3. ADAPTACIÓN DEL CONCURSO AL TRABAJO.

En un principio se ha intentado ser fiel al diseño propuesto en el concurso, aunque se han realizado algunos cambios de diseño y dimensionamiento para adaptarlo a la exactitud de nuestro trabajo.

Entre estos cambios se encuentra la modificación del pórtico de graderío para resultar "autoportante" en lugar de realizarlo con un diseño de transmisión de cargas a la estructura de cubierta.

Otro de los cambios frente a la propuesta del concurso es la supresión de algunos de dichos pórticos ampliando así la luz entre ellos, resultado para ello unas vigas de mayor dimensión pero reduciendo considerablemente el coste final de la obra.

Finalmente las obras a realizar se consideran en un entorno "ideal", tras la demolición de la fachada actual y previa realización de cualquier otro trabajo simultáneo.

No se han tenido en cuenta las estructuras subterráneas ni sótanos y se han considerado terrenos firmes para la elaboración de las cimentaciones.

3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

En un principio se ha estudiado la edificación existente y sus características más destacables, así como las cargas afectantes a la nueva estructura y la normativa necesaria para su elaboración.

Posteriormente se ha realizado un estudio de visuales para determinar la altura y la inclinación óptima del graderío. Con dicho estudio se ha optado por un determinado diseño estructural basado en vigas de hormigón prefabricado.

Una vez claro el diseño escogido, se ha procedido a la elección y predimensionamiento de los elementos más importantes, tomados como referentes para el posterior cálculo mediante programas informáticos y manuales.

Introducidos los datos en dichos programas, se ha realizado la comprobación y valorado los resultados obtenidos. Lo que llevó en más de una ocasión al replanteo de la estructura y a un nuevo diseño.

Por último se han extraído los datos necesarios para la elaboración de este proyecto (memoria, planos, presupuesto, etc.).

4. CONTENIDO DE LA MEMORIA

Estudio de visuales.

En esta parte, se explica el procedimiento realizado para la elaboración del estudio de visuales, partiendo de la formulación recogida en uno de los documentos del Ingeniero de Caminos D. Javier Rui-Wamba Martija y un extracto obtenido de Roberto Molinos para la empresa OSOME s.a. para diseño paramétrico de graderíos.

Definición de la solución estructural.

En este capítulo se realiza un análisis del edificio y sus características, estudiándolas y describiendo su diseño estructural basado en el estudio de visuales.

Para el cálculo estructural es necesario conocer las cargas a soportar (establecidas en las correspondientes normativas) y resolverlas mediante métodos informáticos y manuales.

Conclusiones.

Aquí se redactan de forma genérica los resultados de los diferentes apartados del trabajo.

Anejo I. Informe de cálculo

En este apartado se detallan los resultados obtenidos en los cálculos realizados en el apartado de "Definición de la solución estructural".

Anejo II. Planos.

En este apartado se incluyen los planos necesarios para la construcción de la estructura.

Anejo III. Mediciones y presupuestos.

Contiene la medición global de la estructura elegida, comprobada y calculada, junto con una valoración económica orientativa.

Anejo IV. Estudio de emisiones de CO₂

Se contabilizan las emisiones de CO₂ que genera una obra de estas características, conociendo las partidas que más emisiones generan, y aportando soluciones para reducirlas.

4.1. ESTUDIO DE VISUALES

A la hora de definir la estructura de la edificación es imprescindible realizar un cálculo de la visual desde todos los puntos de la grada al campo y dotar así a la estructura de una altura e inclinación óptimas.

4.1.1. *Entorno y condicionantes*

Al tratarse de una ampliación estructural de una construcción existente, algunos parámetros resultan inamovibles para la realización del estudio de visuales. Estos son:

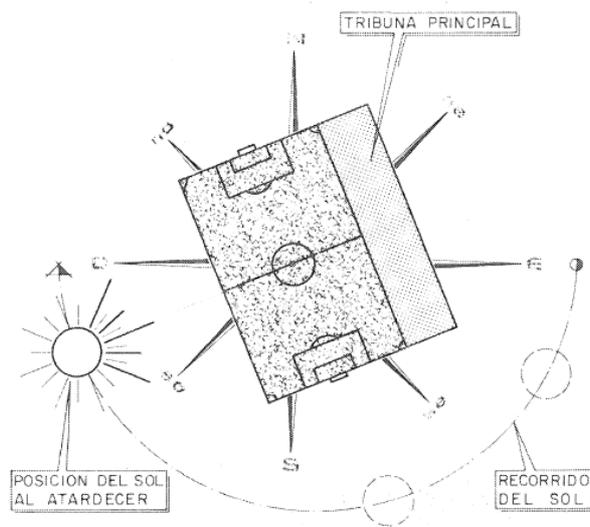
4.1.1.1. *Posición del sol*

La posición del sol debe tenerse en cuenta entre otras cosas para orientar la tribuna principal con objeto de que los espectadores se enfrenten al sol y evitar la proyección de sombras sobre el terreno.

La Romareda se encuentra con una orientación Norte-Noreste / Sur-Suroeste aproximadamente. No es la posición óptima pues la mayor parte de los encuentros de fútbol tienen lugar en las primeras horas de la tarde y esta orientación no es la que menos molesta a los jugadores, sin embargo hay parámetros que condicionan más la orientación del campo.



2. Orientación Campo de fútbol La Romareda



3. Orientación idónea de un campo de fútbol. Fuente: Esteyco s.a.

4.1.1.2. Dirección del viento

Sin duda, La Romareda se diseñó para adaptarse a éste parámetro, ya que siendo Zaragoza una ciudad dominada por el viento una media de 260 días al año, resulta plausible que así sea.

El criterio fundamental es que el viento moleste lo menos posible en el desarrollo normal de los partidos. Por ello, La Romareda tiene orientada su tribuna principal en dirección perpendicular al viento dominante y así evitar en la medida de lo posible las molestias generadas al incidir el viento en el esférico, en los jugadores o en los espectadores.

4.1.1.3. Otros parámetros

El campo de fútbol se encuentra en el barrio La Romareda del distrito Universidad, una zona que cuenta con una considerable cantidad de transeúntes debido a la inmediata cercanía con el Hospital Universitario Miguel Servet, así como una de las zonas ajardinadas más importantes de la ciudad, el Parque José Antonio Labordeta y la proximidad con la Cámara de Comercio de Zaragoza.

En caso de llevarse a la realidad este Estudio, también es importante señalar los servicios de transporte público cercanos al campo, posiblemente interrumpidos en de-

terminados momentos de la obra, como pueden ser las 6 líneas de autobús existentes en la zona y la línea del tranvía.

La accesibilidad al estadio, la topografía del terreno y la perspectiva, son otros parámetros a tener en cuenta en la construcción de un estadio de fútbol. Estos datos menos relevantes para el caso concreto que nos ocupa, fueron estudiados por otros grupos durante el concurso Powering Transformation en el que se basa este estudio.

4.1.2. Geometría del graderío

4.1.2.1. Dimensiones de las gradas para espectadores sentados

Según la sección cuarta, artículo 28 párrafo 1 del RGPEPAR se indican unas dimensiones mínimas a cumplir.

Así pues se establece que la plataforma horizontal de la grada tendrá una dimensión de 0,85m para permitir la colocación del asiento en 0,40m y dejar un pasillo de 0,45m.

El ancho de cada plaza tendrá como mínimo 0,50m siendo 0,60 el adaptado a este proyecto y la altura de grada será inferior a 0,60m.

4.1.2.2. Definición de la pendiente transversal del graderío

El criterio de visibilidad que permite la definición de la pendiente según Javier Rui-Wamba, es: "Permitir que la visual de cada espectador sentado dirigida al borde más próximo del terreno de juego, salve la cabeza del espectador colocado en la fila anterior".

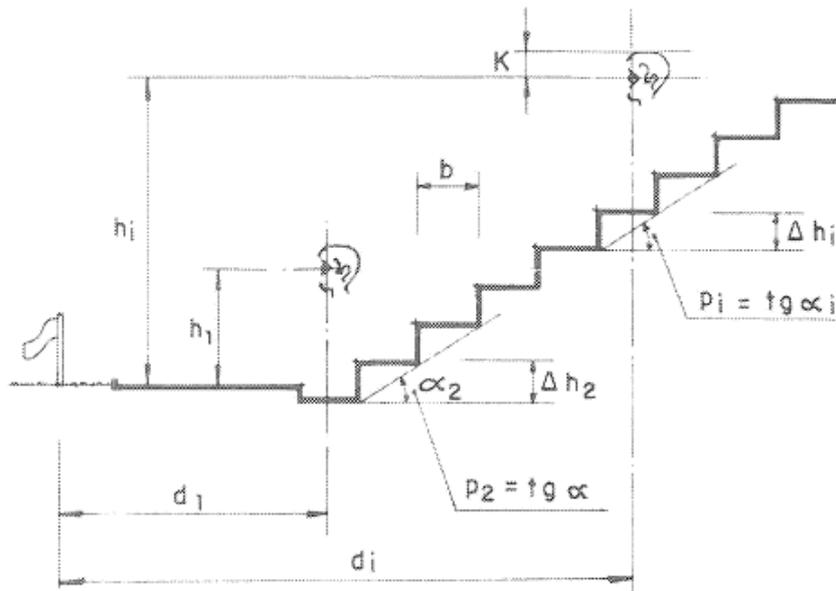
Conocido el principio de visibilidad se procede al trazado analítico y gráfico del graderío.

Las expresiones analíticas que permiten la definición geométrica transversal del graderío son las representadas en la figura 4, siendo:

- h_i altura de los ojos del espectador situado en la fila i con relación al plano de referencia considerado.
- b profundidad de las gradas.

CONTENIDO DE LA MEMORIA

- d_i distancia de la fila i al punto límite de visión más próximo.
- K distancia considerada entre la vista y la cabeza del espectador (0,12m)
- Δh_i altura de la grada correspondiente a la fila i .
- p_i pendiente de la grada correspondiente a la fila i .



4. Expresiones analíticas de la geometría de la grada. Fuente: Esteyco S.A.

De acuerdo con el gráfico, y partiendo de los datos asignados anteriormente, se despeja la fórmula siguiente, expresada igualmente en el documento de Javier Ruiu-Wamba para la empresa Esteyco SA.

$$h_{ix} = (h_{i-1} + k) \cdot \frac{d_1 + (i - 1) \cdot b}{d_1 + (i - 2) \cdot b}$$

Resolviendo:

$$h_{ix} = (16,5 + 0,12) \cdot \frac{6,5 + (35 - 1) \cdot 0,85}{6,5 + (35 - 2) \cdot 0,85} = 17,02m$$

Por tanto:

$$\Delta h_i = 17,02 - 16,5 = 0,52m$$

Siendo constructivamente 0,50m la altura de cada grada, cumpliendo además el requisito según RGPEPAR de ser $<0,60m$.

Estos datos garantizan la correcta visual de los ocupantes de la grada salvando la cabeza del espectador anterior y permitiendo ver la línea de banda.

4.1.3. Cálculo de la línea isóptica

Para la comprobación del apartado anterior, resulta imprescindible el cálculo de la isóptica, pues es el elemento más importante en cualquier espectáculo y el que dirá si la inclinación calculada es la correcta o no.

La línea isóptica trata de calcular la correcta posición para que cada espectador no tenga obstáculos visuales y genera una línea mínima que hay que cumplir.

En el caso de un estadio de fútbol como el que ocupa a este proyecto, la isóptica suele tomar la forma de una curva de amplitud variable, por ello, los campos suelen dividirse en secciones rectas diferenciadas, en lugar de hacer una única grada con curvatura.

Para el cálculo de la isóptica, se recogen todos los datos, mediante la formulación establecida en el apartado anterior estableciendo una distancia para cada línea de asientos. Dichos datos vienen reflejados a continuación.

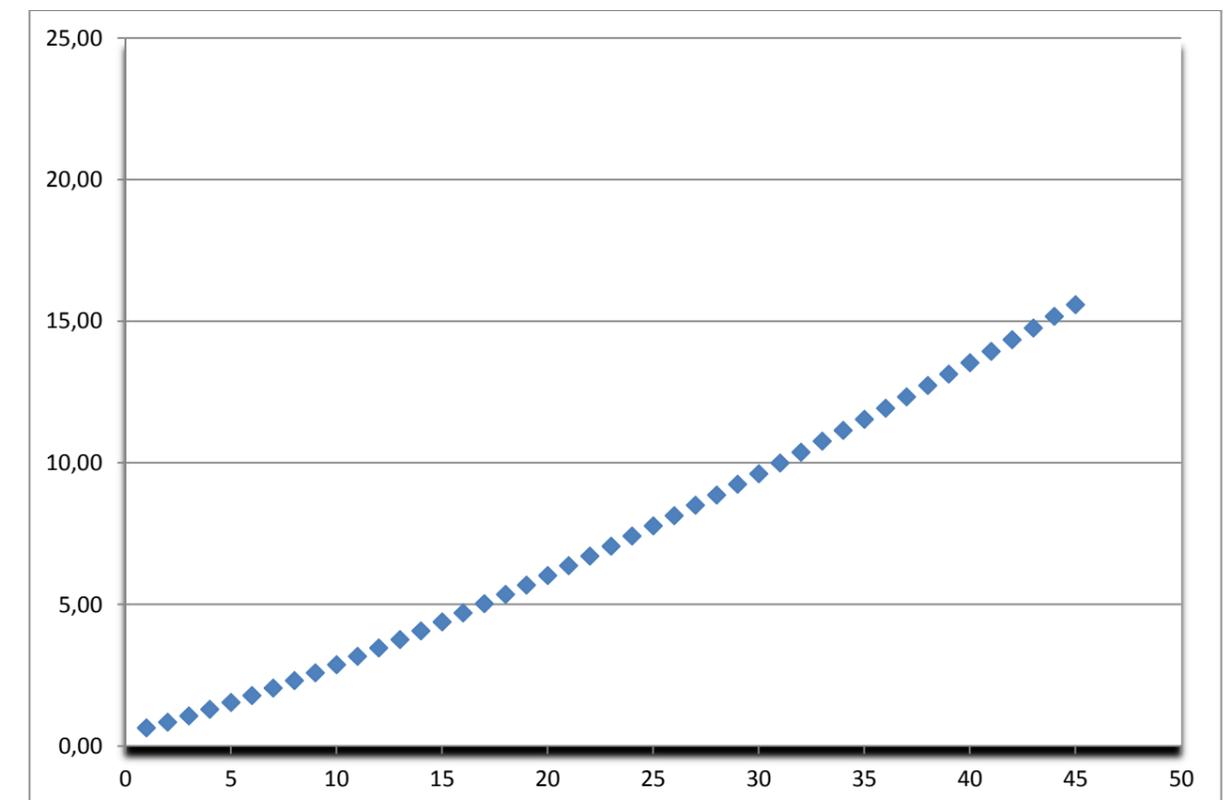
1. Línea isóptica ideal

Número de fila	Fila anterior	Altura de fila	Diferencia
1	0	0,63	0,19
2	1	0,84	0,21
3	2	1,06	0,22
4	3	1,29	0,23
5	4	1,53	0,24
6	5	1,78	0,25
7	6	2,04	0,26
8	7	2,31	0,27
9	8	2,58	0,28
10	9	2,87	0,28
11	10	3,16	0,29
12	11	3,45	0,30
13	12	3,75	0,30
14	13	4,06	0,31
15	14	4,37	0,31
16	15	4,69	0,32
17	16	5,02	0,32
18	17	5,35	0,33
19	18	5,68	0,33
20	19	6,02	0,34
21	20	6,36	0,34
22	21	6,70	0,35
23	22	7,05	0,35
24	23	7,41	0,35
25	24	7,77	0,36
26	25	8,13	0,36
27	26	8,49	0,37
28	27	8,86	0,37
29	28	9,23	0,37
30	29	9,61	0,38
31	30	9,99	0,38
32	31	10,37	0,38
33	32	10,75	0,38
34	33	11,14	0,39
35	34	11,53	0,39
36	35	11,92	0,39
37	36	12,32	0,40
38	37	12,72	0,40
39	38	13,12	0,40
40	39	13,52	0,40

Número de fila	Fila anterior	Altura de fila	Diferencia
41	40	13,93	0,41
42	41	14,34	0,41
43	42	14,75	0,41
44	43	15,16	0,41
45	44	15,58	0,42

Dando como resultado gráfico la línea isóptica ideal.

2. Gráfico de Línea isóptica ideal



A continuación se establece el mismo sistema, pero para la grada existente.

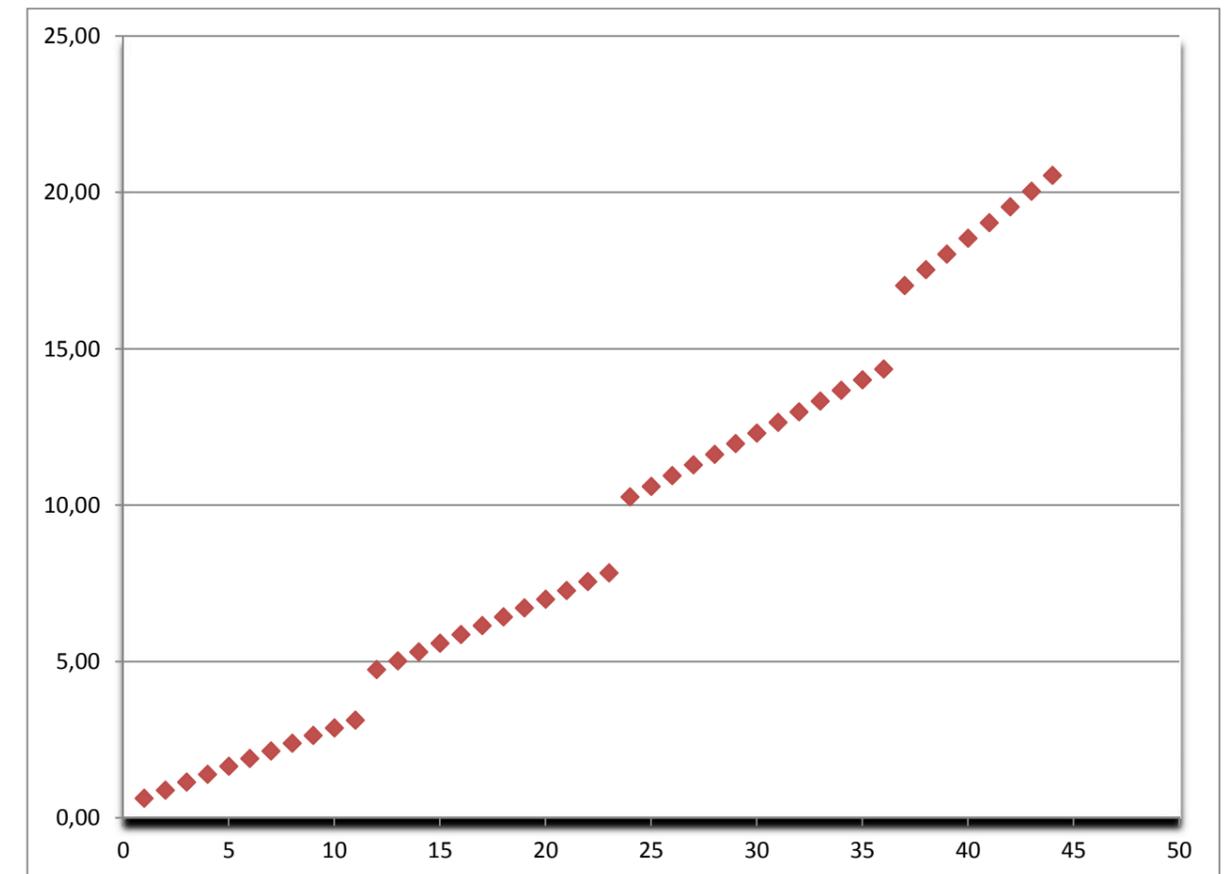
3. Línea isóptica real

Fila	Fila -1	Altura de fila
1	0	0,63
2	1	0,89
3	2	1,15
4	3	1,40
5	4	1,65
6	5	1,90
7	6	2,15
8	7	2,39
9	8	2,64
10	9	2,88
11	10	3,13
12	11	4,74
13	12	5,02
14	13	5,31
15	14	5,59
16	15	5,87
17	16	6,15
18	17	6,43
19	18	6,71
20	19	6,99
21	20	7,27
22	21	7,55
23	22	7,84
24	23	10,26
25	24	10,60
26	25	10,95
27	26	11,29
28	27	11,63
29	28	11,97
30	29	12,31
31	30	12,65
32	31	12,99
33	32	13,33
34	33	13,67
35	34	14,01
36	35	14,35
37	36	17,02
38	37	17,52
39	38	18,03
40	39	18,53
41	40	19,03
42	41	19,53

Fila	Fila -1	Altura de fila
43	42	20,04
44	43	20,54

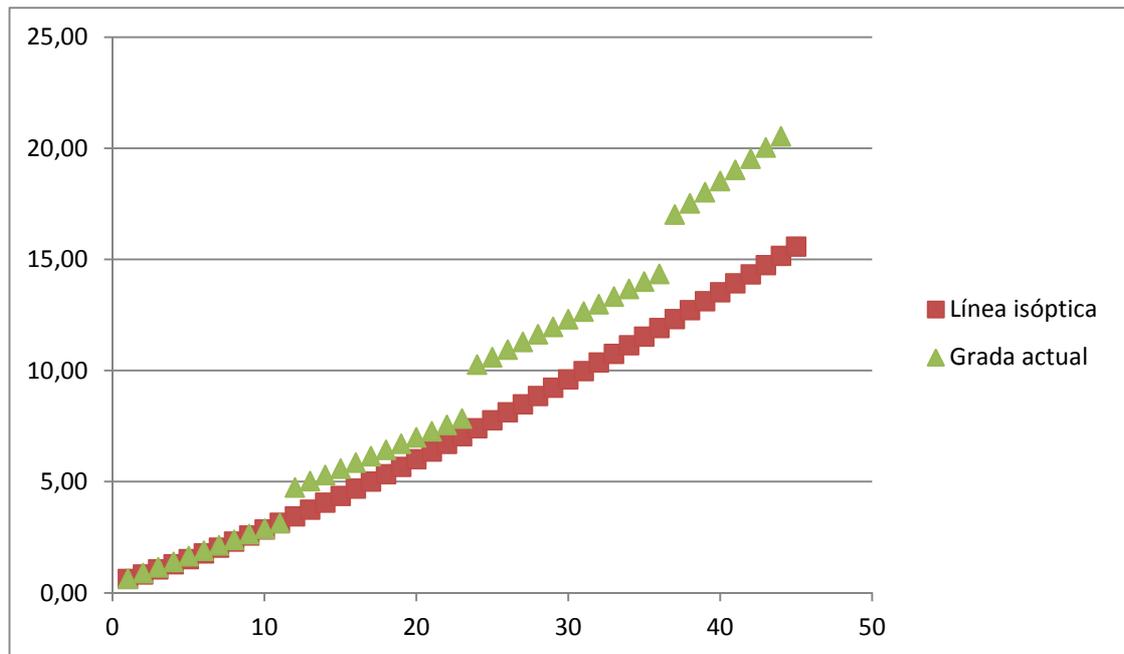
Y dando como resultado la siguiente gráfica.

4. Gráfico de línea isóptica real



En la tabla número 5, se han superpuesto ambas líneas para comprobar el cumplimiento de la visual.

5. Gráfico líneas isópticas combinadas



Como puede observarse, al seccionar la grada en varios tramos y elevarlos, se salva la necesidad de realizar una grada con una determinada curvatura cumpliendo a la vez el cálculo de visuales.

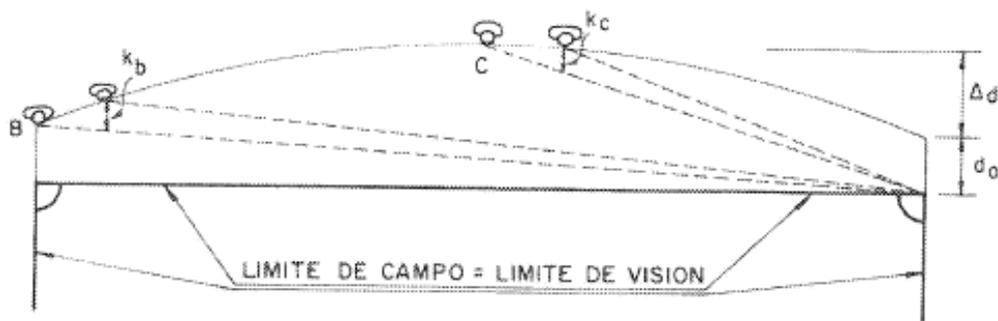
Por otro lado, realizando este procedimiento se consigue un resultado óptimo aunque conservador y dado que la ampliación consta de solo 8 filas de gradas, no es necesario realizar el cálculo para reajustar la inclinación.

4.1.4. Geometría en planta de los graderíos

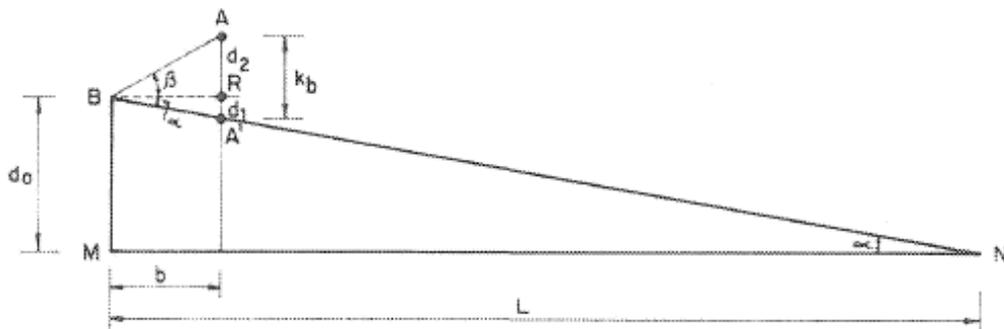
Como es lógico, la visión de un espectador se ve reducida si su vecino de localidad se inclina hacia adelante. Un adecuado trazado en planta del graderío puede evitar esta disminución de la visión. Por ello, también se ha estudiado la geometría en planta de los graderíos para favorecer la visión lateral de los espectadores de una misma fila.

Aunque si bien, la nueva grada irá anexa a la grada actual y por tanto, con la misma curvatura, conviene saber si dicha curvatura resulta óptima o si por el contrario se requerirá de algún tipo de modificación.

La distribución geométrica más adecuada, responde al esquema de la figura 5. Y para el cálculo de la curvatura resultante, el esquema es el de la figura 6.



5. Definición geométrica ideal. Fuente Esteyco s.a.



6. Esquema gráfico para un espectador. Fuente Esteyco s.a.

Como se ve en la figura 6, el movimiento posible del espectador A, será:

$$K_b = AR - RA' = d_1 + d_2$$

$$K_b = b \cdot \frac{d_0}{L}$$

Resolviendo:

$$K_b = 0.50m \cdot \frac{9,5m}{35m} = 0,16m$$

Con este dato, podemos realizar un esquema para resolver analíticamente todos los puntos de la curva en planta, pero suele ser, sin embargo, suficientemente preciso considerar el trazado como una parábola simétrica, cuyo punto más separado sea Δd según Figura 5.

Así pues el sobrefondo necesario en el centro del campo, será:

$$\Delta d = \frac{K_b \cdot L}{4 \cdot b} - \frac{d_0}{4}$$

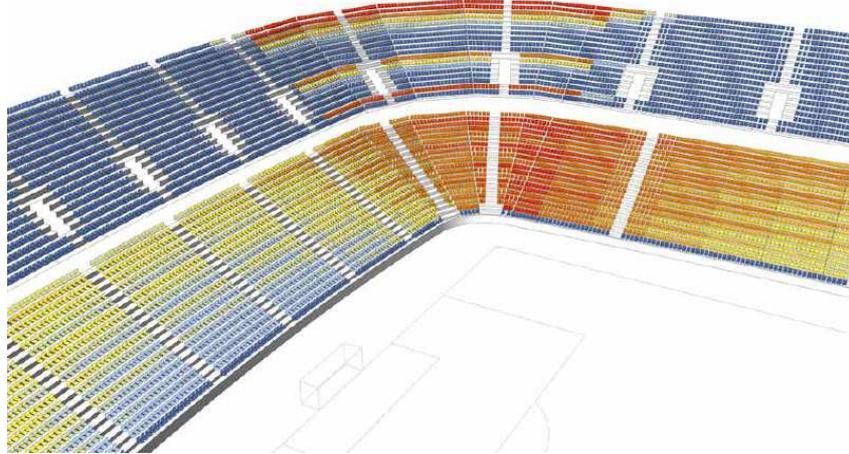
Resolviendo:

$$\Delta d = \frac{0,16m \cdot 70m}{4 \cdot 0.5m} - \frac{9,5m}{4} = 2,29m$$

Midiendo este dato en la planta actual de La Romareda, nos sale un valor de 2,63m. Cumpliendo el mínimo que resultaría aceptable. Por lo tanto, en la grada de nueva construcción no será necesaria la implementación de ningún otro tipo de solución y bastará con adoptar la curvatura existente como se tenía previsto.

Si bien hay que ser precavidos en la afirmación de la correcta calidad visual de cada espectador, pues existe una clara diferencia visual dependiendo de la columna en la que se encuentre la butaca.

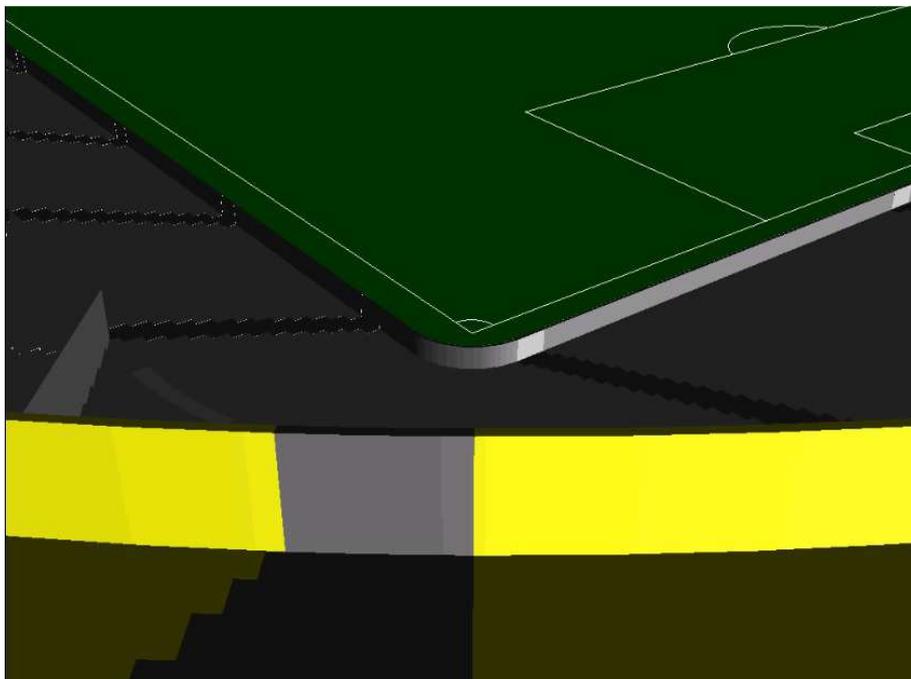
A partir de los datos ofrecidos por el manual OSOME de Ramón Jesús González-Márquez, quien traslada los parámetros anteriormente citados a un algoritmo tridimensional y con una disposición de asientos en base a unas sencillas reglas de reparto, se puede ver en la Figura 7 la calidad visual en las zonas de peor confort, siendo estas las esquinas.



7. Calidad visual en zonas de peor confort en grada tipo. Fuente OSOME s.a.

4.1.5. Estudio tridimensional

Como último apartado y para realizar una comprobación visual de que todos los cálculos realizados dan como resultado la mejor opción posible para la construcción del nuevo graderío, se ha introducido todos estos datos en un programa de diseño 3D y realizada una vista tridimensional del campo.



8. Visual Romareda 1



9. Visual Romareda 2



10. Visual Romareda 3

4.2. DEFINICIÓN DE LA SOLUCIÓN ESTRUCTURAL

A la hora de definir el sistema estructural ha sido necesario tener en cuenta el proyecto del que viene la idea y sus características para la elección de la decisión final.

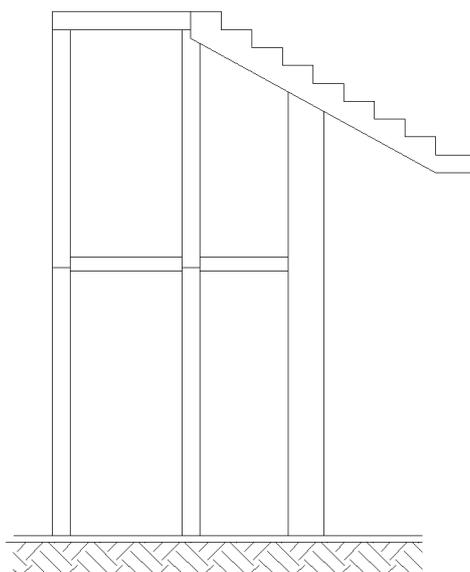
Tanto por la forma de la construcción como por la tipología estructural, se optó por una serie de pórticos de hormigón prefabricado que soportasen la carga del graderío.

Partiendo de un diseño aproximado preestablecido en el concurso Powering Transformation, el diseño de la grada debería tener un vuelo en torno a 4,5m sobre la grada existente para dejar sitio a la zona comercial trasera y expandirse el mínimo posible sobre la vía pública.

Proveniente del mismo concurso, resulta necesario hacer coincidir los nuevos pórticos de las gradas con la estructura portante de la nueva cubierta, realizada cada 11,50m debido a que en un principio, el pórtico transferiría su carga a la cubierta. Dado que como se ha indicado en el apartado 3.3, la intención es la de realizar un estudio de viabilidad de la nueva grada, siendo esta autoportante y aislada del resto, la carga del pórtico ya no es trasladada a la cubierta si no a la cimentación, pero se ha pretendido mantener en la medida de lo posible todos los datos y condicionantes llegados a acuerdo en el concurso.

El pórtico resultante es una estructura con una altura total de 15m. divididas en dos plantas, quedando la planta baja con una altura de 8m para permitir el acceso al graderío existente y una segunda planta de 7m para cumplir la altura entre el graderío existente y el nuevo graderío. Y un voladizo de 4,5m sobre la grada existente, estando sobre esta a una altura de 2,50m.

El diseño lineal del pórtico es el mostrado en la Figura 11. Dónde han sido incorporados todos los datos analizados con anterioridad, previo predimensionamiento y cálculo de cargas.



11. Diseño lineal del pórtico

La estructura ha sido diseñada y calculada cumpliendo lo dispuesto en la EHE-08, en especial el artículo 59 referido a prefabricados. A continuación se detallan todos los elementos que conforman la estructura. Todas las cargas se han colocado según lo dispuesto en el CTE-DB SE-AE tabla 1.1.

4.2.1. Estructura vertical

4.2.1.1. Pilares

Tanto por la forma de la construcción como por la elección de la tipología estructural se decidió realizar el sistema de descarga vertical mediante elementos prefabricados de hormigón.

Según EHE-08 se han elegido unos pilares con las siguientes características:

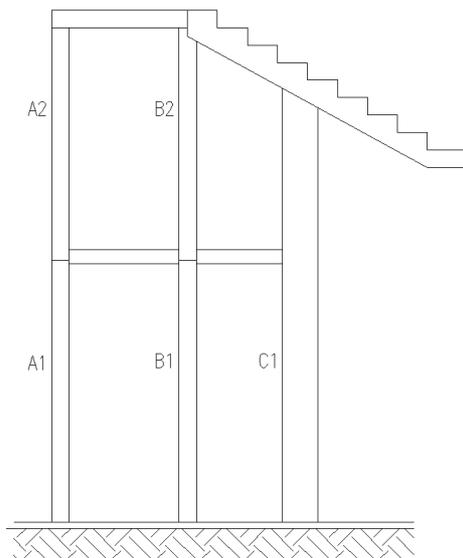
- Método de construcción: Hormigón prefabricado HA40
- Consistencia: Plástica
- Tamaño de árido 16mm
- Ambiente: Tipo IIa
- Tipo de armadura: acero B500S
- Recubrimiento: 5cm

Designación del hormigón: HA40/P/16/IIa.

Para el cálculo de los axiles y momentos que son transmitidos a cada pilar, se intentó utilizar el programa informático WinEva, pero sus diagramas arrojaban algunos errores que imposibilitaban continuar con el trabajo. La solución fue optar por el programa informático Metal3D. Los diagramas extraídos de dicho programa vienen indicados en el "Anexo I. Informe de cálculo, apartado 2.1".

Lo segundo, fue predimensionar los pilares de hormigón según el anejo 8 de la EHE-08, así como los artículos 42 y 44 de dicha norma para su posterior construcción en fábrica, para ello se introdujeron los datos en el programa de cálculo WinEva con el fin de obtener el armado.

A continuación se muestra un esquema nombrando los cinco pilares calculados.



12. Designación de pilares

De esta manera la geometría de los pilares queda del siguiente modo:

- Pilares A1-A2 Y B1-B2
 - Longitud: 7,8m
 - Sección: 0,5x0,5m
 - Sistema de apoyo de viga: Ménsula a 7,4m.
- Pilar C1
 - Longitud: 11,1m

CONTENIDO DE LA MEMORIA

- o Sección: 1,0x0,5m
- o Sistema de apoyo de viga: Ménsula a 7,4m.

Sus armados, dimensionamiento y detalles pueden verse en el Anexo II. Plano número 6

La unión entre pilares se ejecutará con un sistema tipo "buzón" obteniendo un resultado técnico idéntico a un pilar fabricado monolíticamente.

Los pilares A1, B1 y C1 irán conectados igualmente a la cimentación mediante sistema constructivo tipo Buzón.

El apoyo viga-pilar se realiza en planta primera mediante ménsulas de descarga.

El apoyo viga-pilar para el forjado de planta segunda y viga de canto variable, se realiza directamente sobre los pilares, acomodando estos a la tipología de unión "apoyo delta" (designación según empresa Tecnyconta, ver Anexo II. Plano número 6).

4.2.1.2. Ménsulas

Para realizar la descarga de los esfuerzos de las vigas sobre los pilares, se requiere de un elemento de conexión entre ambos. Se ha optado por un elemento prefabricado, realizado junto al pilar en fábrica de HA40/P/20/IIa.

Para el cálculo de dichos elementos se ha requerido el programa informático CYPE "Ménsulas cortas", que aportando las cargas extraídas de CYPE3D, realiza un dimensionado, armado y anclaje que cumple las características requeridas según EHE08. El informe generado puede verse en el "Anexo I. Informe de cálculo. Apartado 2.2.2".

Las dimensiones y armados de dichas ménsulas pueden verse en el Anexo II. Plano número 6.

Para garantizar un correcto encuentro ménsula-viga y viga-pilar es necesario colocar un apoyo elastomérico que garantice una adecuada transmisión de cargas.

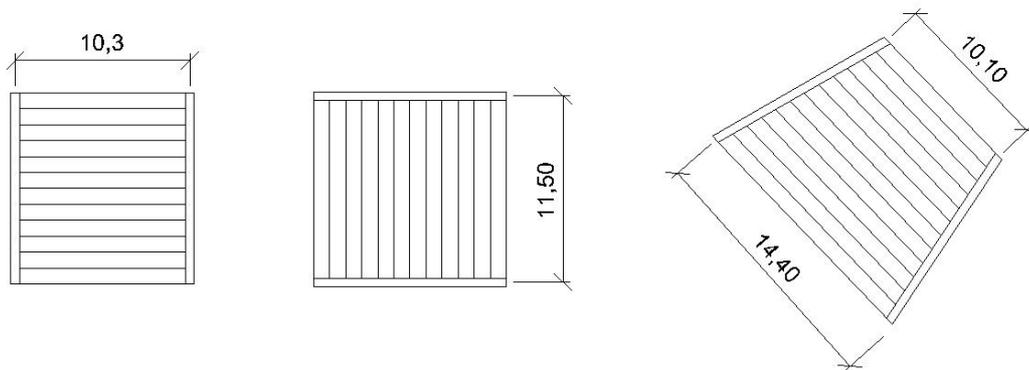
Se ha optado por dos tipos de apoyos elastoméricos laminados rectangulares según UNE-EN 1337-3:

- Viga-Ménsula: Apoyo armado sin anclar de 350x350x30mm.
- Viga canto variable-Pilar: Apoyo armado y anclado con pernos M14 de 450x350x69mm.

4.2.2. Estructura Horizontal

4.2.2.1. Forjados

Siguiendo con la tipología de hormigón prefabricado, se decidió que un sistema de descarga unidireccional sería el más adecuado, apoyando éste en los pórticos con una distancia entre ellos de 11,50m en grada de banda (siendo esta el objeto de este estudio), 10,30m en grada de fondo y entre 10,10 y 14,40 en línea de córner, tal y como se observa en la figura 13.



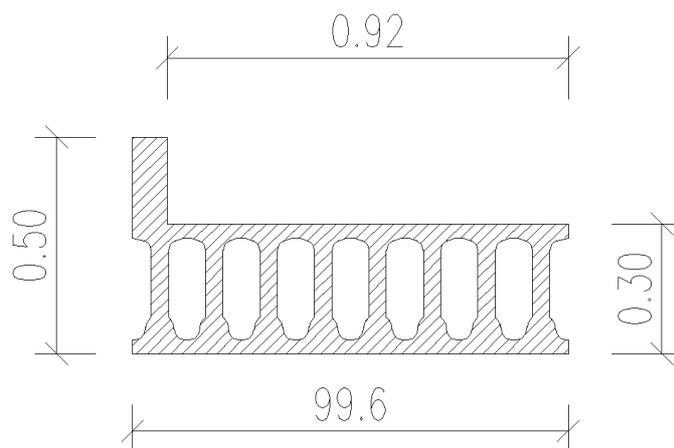
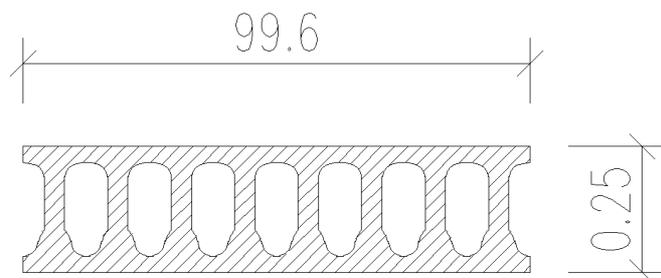
13. Esquemas de distancias

El elemento estructural seleccionado como forjado y que nos hace a su vez la función de grada, será una losa alveolar que cubrirá todas las luces estudiadas permitiendo una mayor rapidez de colocación que otros sistemas de descarga.

Según CTE-AE apartado 3, tabla 3.1, la carga a soportar por la losa alveolar será para el tipo C-5 (Zonas de aglomeración), dando una carga uniformemente repartida de $0,5Tn/m^2$.

Se han escogido dos tipos de losa alveolar:

- Como graderío: Casa Prainsa. Modelo FA30T5 con tabica, sin capa de compresión. Peso estructural $0,37Tn/m^2$.
- Como forjado: Casa Prainsa. Modelo FA25T5, con capa de compresión de 5cm. Peso estructural $0,41Tn/m^2$.

**14. Losa alveolar FA30T5 con tabica****15. Losa alveolar FA25T5**

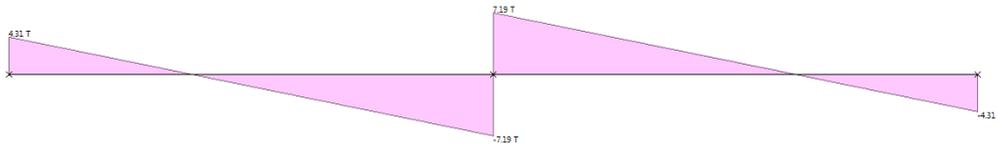
En grada, las losas alveolares pretensadas sin losa superior hormigonada en obra irán dispuestas, cuando sea necesario, de armadura superior en los alveolos que habrán sido preparados adecuadamente eliminando el hormigón de la parte superior en una longitud igual o mayor que la de las barras y posteriormente rellenos, según EHE 08, apartado 59.2.4.

Los apoyos directos de las losas alveolares pretensadas en vigas deben hacerse sobre una capa de mortero fresco M15 de al menos 15mm de espesor. En las zonas próximas a los pilares, dónde la losa alveolar no alcance a descargar en la viga, lo hará mediante un perfil L de 150x15mm atornillado mediante taco para hormigón Ø14 al pilar.

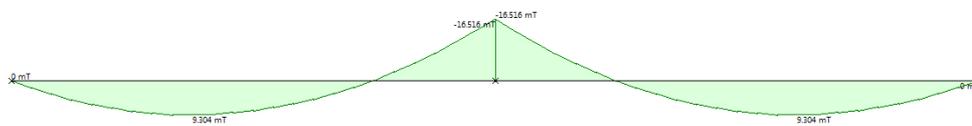
Para conocer la carga transmitida al pórtico ha sido utilizado el programa WinEva al que se le han introducido todas las solicitaciones mencionadas anteriormente como una carga uniformemente repartida de 1tn (0,5tn CTE + 0,41tn peso

propio + 10% coeficiente de seguridad) obteniendo como resultado los aparecidos en las figuras siguientes:

Cortantes (14,4Tn)



Momentos (16,5Tn/m²)



4.2.2.2. Vigas

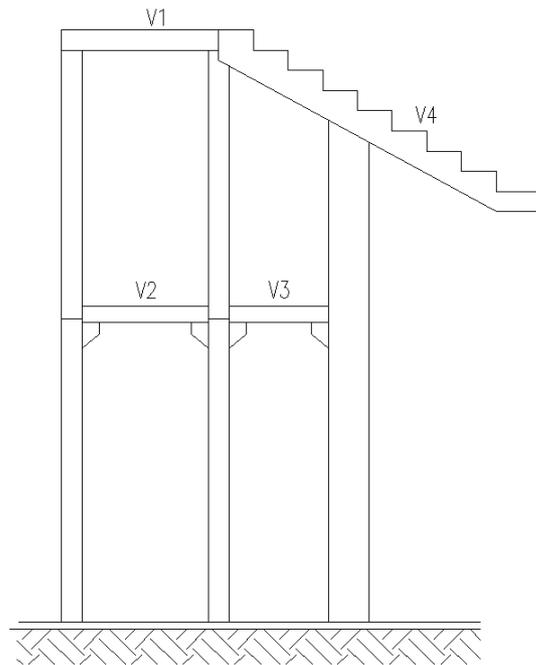
El sistema de descarga unidireccional citado anteriormente, descansa en un soporte horizontal formado por vigas prefabricadas de HA40/P/16/IIa.

Para el diseño de estas vigas prefabricadas ha sido necesario realizar un predimensionamiento con la intención de adquirir una geometría y armado para su posterior envío a la empresa de prefabricados.

Para el predimensionamiento y posterior diseño de la viga se ha utilizado un archivo Excel que nos permite una rápida comprobación de sección y aporta la cuantía de armadura para dicha sección. Dicho archivo puede encontrarse en la documentación agregada en el CD.

Para el cálculo de cortantes y momentos que soporta cada viga ha sido utilizado el programa informático CYPE3D, dichos diagramas vienen indicados en el "Anexo II. Informe de cálculo. Apartado 2.3".

A continuación, se detalla un esquema dónde aparecen las cuatro vigas a calcular.



16. Esquema designación vigas

PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es el siguiente:

Se parte de una sección de viga aproximada de 0,6x0,5m para su posterior cálculo con el programa informático.

Se calcularán mediante Metal3D los diagramas para cortantes y momentos pertenecientes a cada viga introduciendo el pórtico completo en dicho programa:

Calculadas dichas acciones, se realiza un armado mediante método manual.

ARMADURA A FLEXIÓN

ARMADURA A COMPRESIÓN

La condición para no necesitar armadura a compresión es:

$$M_d < 0,375 \cdot U_0 \cdot d$$

Siendo:

- M_d : Momento flector.
- U_0 : Capacidad mecánica de la sección de hormigón.
- d : canto útil.

Así, el cálculo de U_0 será:

$$U_0 = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d$$

Dónde:

- f_{cd} : Resistencia de cálculo del hormigón (2666,6T/m²)
- b : Base de la viga (0,60m)
- d : Canto útil (0,45m)

En ningún caso de este proyecto será necesaria una armadura a compresión más allá de la c.g.m. que será del 30% de la c.g.m traccionada.

ARMADURA A TRACCIÓN

Lo siguiente es calcular la armadura necesaria a tracción, para ello:

Al ser vigas flexionadas, será necesario colocar armadura a tracción en los extremos de la viga en la cara superior y en el centro de vano en la cara inferior. Además de cumplir en toda su longitud con la cuantía geométrica mínima.

La cuantía geométrica mínima traccionada será:

2,8‰ de la sección de la viga.

Es necesario calcular la armadura traccionada para conocer si la c.g.m es suficiente para la carga a soportar o no. Por lo tanto, será necesario calcular U_{s1} .

$$U_{s1} = U_0 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_d}{U_0 \cdot d}} \right)$$

Una vez obtenido U_{s1} se calcula la sección de acero necesaria mediante:

$$A_s = U_{s1} / f_{yd}$$

Siendo:

- F_{yd} : Resistencia de cálculo de la armadura a tracción.
- A_s = Sección de acero a tracción.
- U_{s1} = Capacidad de la armadura a tracción.

Todas las barras se decalarán una longitud del 90% del canto útil de la viga.

El anclaje en prolongación recta de las barras se calcula mediante la Tabla XVIII del "Manual de Hormigón Armado" del Dr. Ing. Román Ferreras.

CONTENIDO DE LA MEMORIA

El anclaje en patilla de las barras de acero será un 70% del anclaje en prolongación recta.

Para conocer el armado detallado de cada viga ver Anejo II. Plano número 7.

ARMADURA A CORTANTE

Se realiza el armado de la viga en función de la EHE Art. 44.2.2.

Se comprueba el agotamiento por compresión oblicua (V_{u1})

$$V_{u1} > V_d$$

$$V_{u1} = 0,3 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d$$

Para conocer la armadura a cortante es necesario conocer primero la contribución del hormigón (V_{cu}).

$$V_{cu} = (0,10\xi \cdot (100 \cdot \rho_i \cdot f_{ck})^{1/3}) b_0 \cdot d$$

Siendo:

- $\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}$
- $\rho_i = A_s / b_0 \cdot d$
- F_{ck} : Resistencia de la sección de hormigón.
- b_0 : ancho del alma

Conocida la contribución del hormigón, la contribución de las armaduras será V_{su} :

$$V_{su} = V_d - V_{cu}$$

A partir de aquí es necesario acudir al "Manual de Hormigón Armado" del Dr. Ing. Román Ferreras, en el cual aparecen las tablas necesarias para el cálculo de estribos (Tabla XI. Pág. 219). Siendo necesario realizar algunas correcciones para adaptar la tabla calculada para 2 estribos a nuestro caso de 3 estribos.

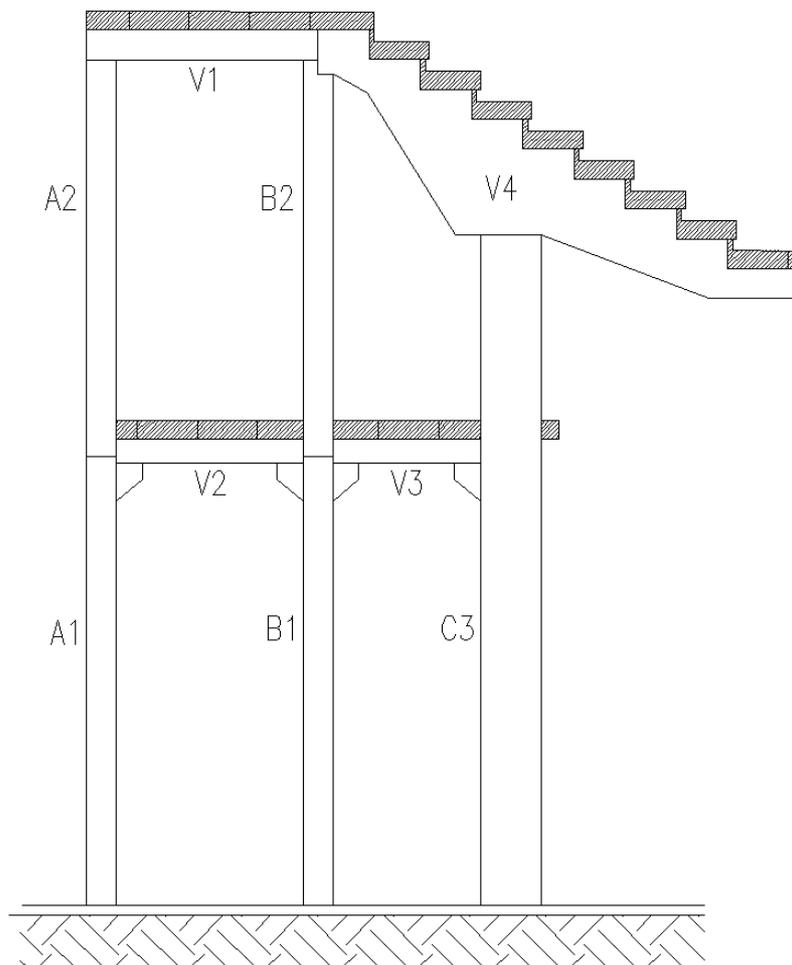
Las distancias a las que colocar los estribos deberán estar contenidas entre los siguientes valores:

Condición	Mínimo valor de S_t	Máximo valor de S_t
$V_d \leq V_{u1}/5$	0,80d	300mm
$V_{u1}/5 < V_d \leq 2/3 V_{u1}$	0,60d	300mm
$V_d > 2/3 V_{u1}$	0,30d	200mm

Para evitar fisuras debidas a la retracción del hormigón, resulta necesario incorporar la denominada "armadura de piel" colocada cada 30cm en todo el canto de la viga ocupando toda su longitud según el libro "construcción de estructuras de hormigón armado: Edificación" escrito por Eduardo Medina Sánchez.

La resolución y comprobación de las vigas citadas, puede verse en el "Anexo II. Informe de cálculo. Apartado 2.3.

Una vez obtenidos todos los datos, ha sido necesario realizar varias comprobaciones según se iba cambiando ligeramente la geometría de la estructura. Finalmente el diseño del pórtico final es según muestra la figura número 17.



17. Diseño final estructura

Una vez obtenido el armado a flexión y a cortantes, es necesario realizar el armado necesario para colocar el escalonamiento donde apoyarán las losas alveolares que harán de grada.

Este escalonamiento se ha calculado sin participación en el armado principal de la viga, construyéndose únicamente con la C.G.M. como si de una escalera se tratase. Dicha distribución de armados puede verse en Anexo II. Plano número 7.

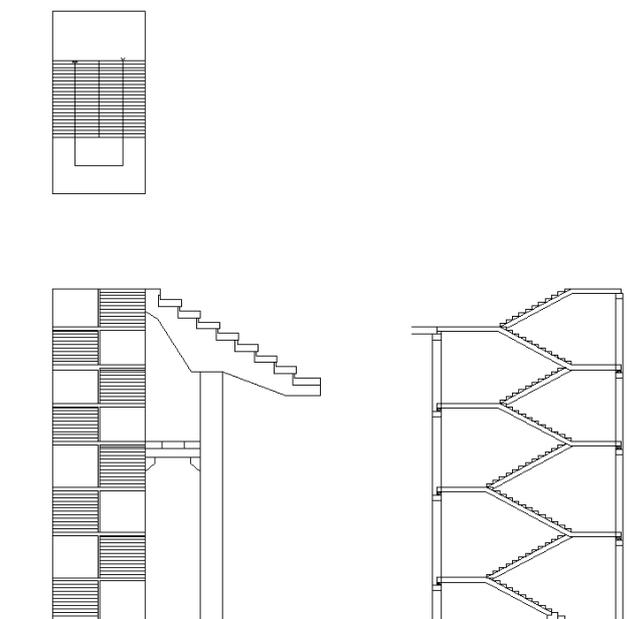
4.2.3. *Elementos de comunicación vertical.*

El proyecto completo consta de 24 escaleras que comunican verticalmente las tres plantas de la edificación para garantizar la evacuación de todos los ocupantes según CTE-DB SI (figura 19). Todas las escaleras tienen una anchura mínima de 2,05m. y han sido diseñadas cumpliendo con lo establecido en el CTE-SUA y fabricadas en hormigón armado prefabricado.

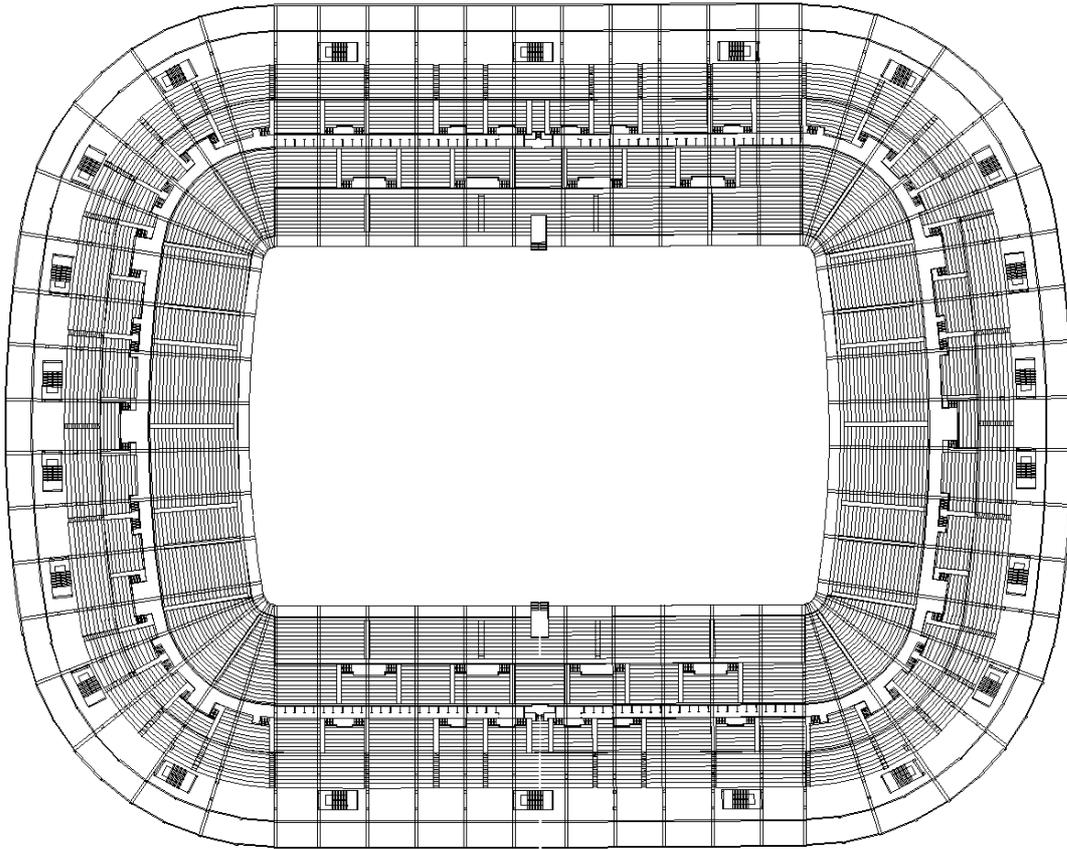
Cada conjunto de escaleras consta de ocho tramos independientes para su facilidad de montaje. El esquema completo de la escalera puede verse en la figura 18. Los cálculos han sido realizados mediante Cype "Escaleras".

Las mesetas de las escaleras apoyarán en las vigas destinadas a ello.

Todos los detalles y planos pueden verse en Anejo II. Planos 8 y 9.



18. Vistas elementos comunicación vertical



19. Planta ampliación Romareda

4.2.4. Cimentación

Como se ha explicado anteriormente, partimos de unas condiciones de trabajo ideales, dado que no se conocen la totalidad de los datos de partida, por ello, se supone una tensión admisible del terreno de $2,0\text{Kg/cm}^2$.

Para el cálculo de cimentación se ha utilizado el programa Cype "elementos de cimentación", y se ha resuelto mediante dos tipos de cimentación diferentes dadas las cargas que recoge el terreno.

- Pilares A1 y B1: Zapata aislada de $2,1 \times 2,1 \times 0,5\text{m}$.
- Pilares C1: Cimentación profunda de 4 micropilotes $\varnothing 250\text{mm}$.

Para el pilar C1 se ha calculado la zapata aislada necesaria y adquiere unas dimensiones elevadas, haciéndose necesario el uso de una losa de cimentación para prácticamente todo el pórtico. Por ello tras valorar las soluciones, se ha optado por una cimentación mediante micropilotes dejando una separación con la "supuesta" cimentación existente suficiente para poder ejecutar el encepado necesario y garantizar que no existirán asentamientos diferenciales entre ambas estructuras.

"Aunque sabemos que esta solución puede resultar menos económica que realizar una losa de cimentación por pórtico, es el interés educativo el que nos ha llevado a resolverlo mediante dos cimentaciones diferentes".

En las figuras 20 y 21 pueden verse los esquemas en planta y perfil de una sección de la cimentación.

DESCRIPCIÓN DE MICROPILOTE

Según la norma ENE-14199 se ha elegido un micropilote con las siguientes características:

- Método de perforación: Perforación por rotoperCUSión
- Tipo de armadura: Perfil tubular
- Método de inyección: En una fase a través de la armadura tubular
- Material de inyección o relleno: Lechada

De esta manera la cimentación quedaría establecida del siguiente modo:

- Tipo: Micropilotes con armadura tubular de acero de límite elástico $f_{yk}=5400\text{ kp/cm}^2$

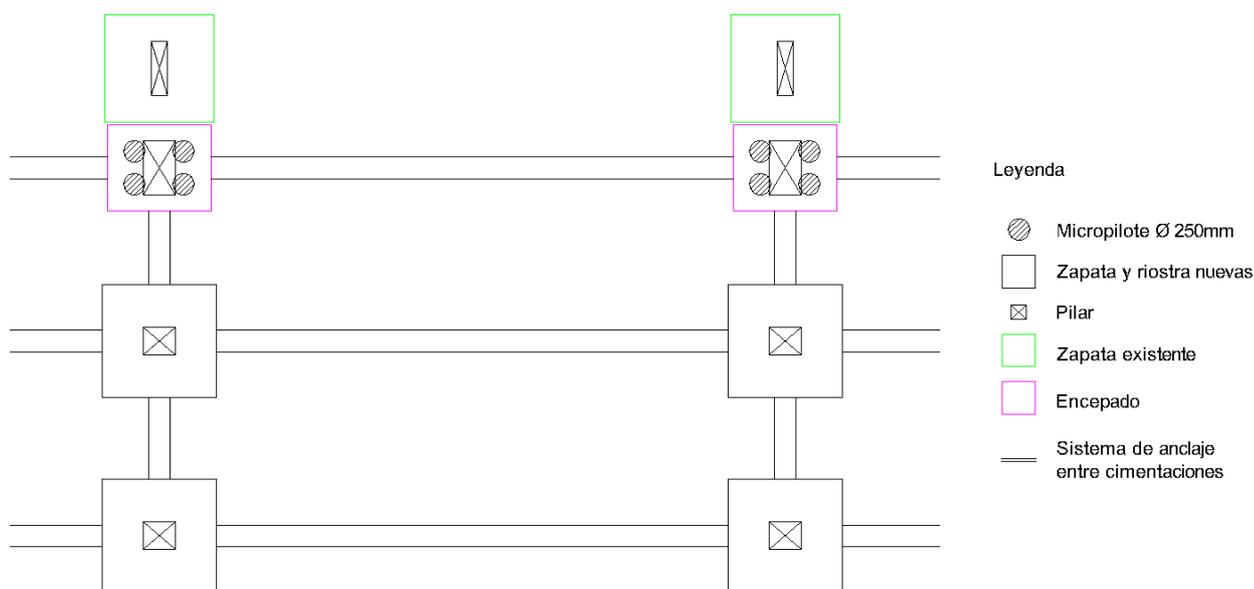
- Mortero con resistencia a compresión siempre de $f_{ck}=250\text{Kp/cm}^2$
- Dimensiones:
 - Diámetro micropilote: 250mm
 - Diámetro exterior de la armadura: 139mm
 - Espesor de la pared: 10mm
 - Peso aproximado del micropilote: 0,12tn/m

La unión entre los diversos tramos de armadura del micropilote, hasta alcanzar la longitud total, se podría resolver con roscado macho/hembra de la misma calidad, de unos 120mm de longitud.

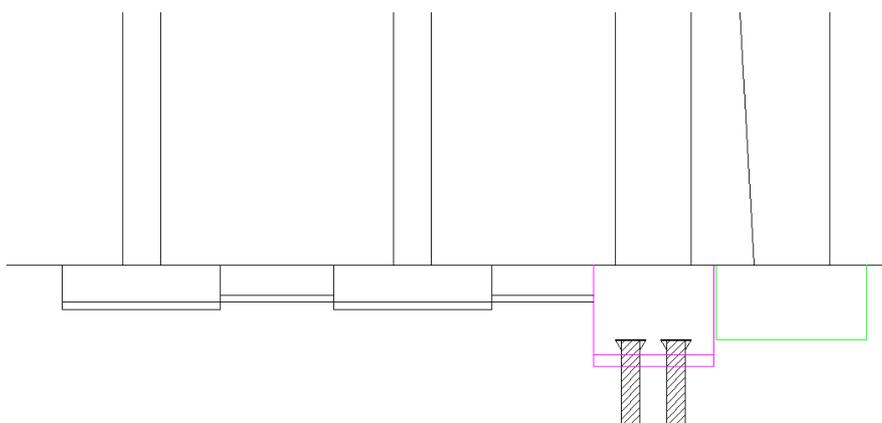
La inyección del micropilote será del tipo única global (IU), por lo que se efectuará en una sola fase, rellenando el hueco comprendido entre el taladro de la perforación y la armadura tubular, así como el interior de ésta. Esta se realizará inyectando directamente la lechada por el interior de la armadura tubular, para llenar tanto el hueco entre ésta y el terreno (ascendiendo por la corona exterior), como el interior de la armadura.

En todos los micropilotes se dispondrán 4 conectores en cabeza ver Anejo II. Plano número 5.

La armadura del micropilote sobresaldrá 30cm de la superficie, quedando embebida en el encepado correspondiente y unida solidariamente mediante conectores, evitándose el punzonamiento del encepado y asegurando el correcto reparto y transmisión de cargas.



20. Cimentación en planta



21. Cimentación en perfil

El hormigón utilizado para las zapatas aisladas ha sido un HA25/P/30/IIa, y para encepados HA25/P/20/IIa, ambos sobre hormigón de limpieza HM15/B/20.

Para cumplir la comprobación a bielas y tirantes del programa Cype, se ha optado por la colocación de una placa de reparto de 40x40cm a testa sobre el micropilote con rigidizadores, introduciendo el micropilote 20 cm en el encepado.

Todos los planos con las medidas y detalles pueden verse en el Anejo II, planos número 4 y 5.

5. ESTUDIO DE EMISIONES DE CO2

Últimamente, y cada vez con más fuerza, se están valorando con más minuciosidad e importancia los efectos de todo tipo de productos, procesos y elementos que inciden directa, e indirectamente, sobre el medio ambiente.

Se está adoptando una mentalidad en la que se contribuye a aumentar el bienestar general, colaborando con una actitud más concienciada con el cuidado de la naturaleza que nos envuelve, de modo que se pueda contar con un mejor futuro del que se estima si no se toma conciencia de ello.

Este trabajo quiere aportar, aparte del objetivo final, un pequeño valor a la conciencia medioambiental antes comentada, exponiendo parte de la repercusión sobre la naturaleza que tendría la realización del proyecto de la estructura.

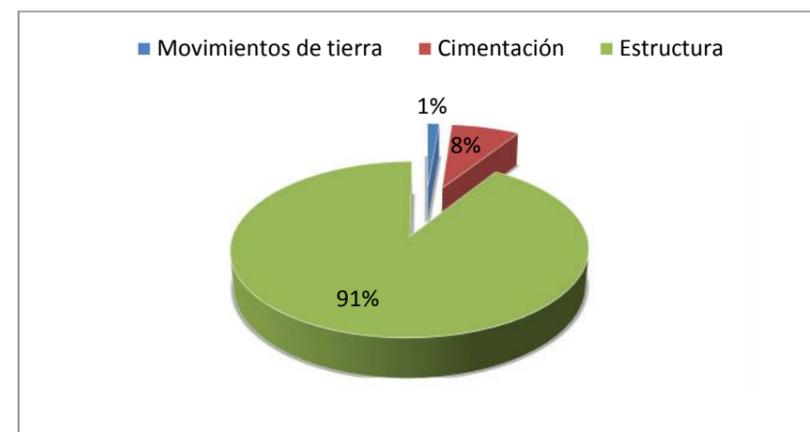
Para ello se ha realizado una valoración del coste energético de construcción y preparación, igual que la cantidad de CO2 emitida en dicho proceso

Estos cálculos se han realizado calculando los kw/h de energía y los kg de CO2 utilizando para ello la base de datos del *Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya*, que proporciona la repercusión de ambos elementos por cada unidad de obra.

Utilizando las mediciones extraídas del programa y los valores de la base de datos se ha realizado una valoración total aproximada de la cantidad de CO2 emitida, desglosada también en partidas y capítulos para así poder hacer cada uno una valoración de resultados.

Este estudio puede verse en el Anexo III. Estudio de emisiones de CO2

Capítulo	Partida	Elemento	Ud	Emisiones CO2 (Kg)	Estimado en obra	Total emisiones (Kg)	
Movimientos de tierra	Excavación en zanjas y pozos	Retroexcavadora sobre neumáticos de 8 a 10tn	1 h	108,72	30,8 h	3348,576	
	Carga y transporte	Pala cargadora 15-20tn	1 h	287,14	2,7 h	775,278	
		Camión de transporte 20tn	1 h	325,9	20,2 h	6583,18	
	Total partida						4123,9
Cimentación	Zapatas y riostras	Hormigón para zanjas y pozos HA25/B/16/IIa	1 m3	362,57	82,4 m3	29875,768	
		Armado para zanjas y pozos B500S	1 kg	3,01	3296 kg	9920,96	
	Semiprofundas	Hormigón para encepado HA25/B/16/I+C41IIa	1 m3	269,44	29,18 m3	7862,2592	
		Armado para encepado B500S	1 kg	3,01	16807,6 kg	50590,876	
		Micropilote 9m prof.	1 ud	1422,81	24 ud	34147,44	
	Soleras	Geotextil fieltro polipropileno	1 m2	1,35	715,53 m2	965,9655	
		Subbase de grava de cantera de piedra	1 m2	2,94	715,53 m2	2103,6582	
		Solera de hormigón HA25/B/16/IIa 10cm	1 m2	28,38	715,53 m2	20306,7414	
		Lamina separadora polietileno	1 m2	0,79	715,53 m2	565,2687	
	Total partida						23941,6
	Estructura	Forjado losa alveolar 25+5	Hormigón para forjado HA25/P/20/IIa	1 m3	235,49	4,6 m3	1083,254
			Armadura para forjados ME15x15 B500S	1 m2	9,07	921,02 m2	8353,6514
			Losa alveolar 25+5 pretensado. 12m max	1 m2	109,41	921,02 m2	100768,7982
Losa alveolar para grada 30+0		Losa alveolar 30+0 pret. 12m. Incl Hormigón relleno	1 ud	1484,53	56 m2	83133,68	
Viga rectangular		Viga rectangular prefabricada < 4m	1 ud	248,91	24 ud	5973,84	
		Grúa telescópica 26-35tn	1 h	197,02	6 h	1182,12	
Viga canto variable		Viga canto variable prefabricada	1 ud	1120,1	8 ud	8960,8	
		Grúa telescópica 26-35tn	1 h	197,02	6 h	1182,12	
Pilares 0,5x0,5		Pilar 0,5x0,5m <8m	1 ud	902,9	32 ud	28892,8	
		Grúa telescópica 26-35tn	1 h	197,02	16 h	3152,32	
Pilares 0,5x1		Pilar 0,5x1m <12m	1 ud	1104,12	8 ud	8832,96	
		Grúa telescópica 26-35tn	1 h	197,02	4 h	788,08	
Escaleras		Escalera prefabricada 2m anchura. Tramo <3m altura. con repisa	1 ud	998,75	32 ud	31960	
		Grúa telescópica 26-35tn	1 h	197,02	4 h	788,08	
Total partida						285052,5	
Total emisiones CO2						313118,0	



Conclusiones del estudio de emisiones.

Analizando la gráfica puede observarse que más del 90% de las emisiones producidas durante la ejecución de la obra vienen producidas por la elaboración y colocación de la estructura y en concreto durante la ejecución del forjado.

Conocidos estos datos podrían intentar adaptarse algunos cambios con la intención de reducir el porcentaje de estas emisiones, como por ejemplo:

- Uso de hormigones reciclados.
- Implementación de algunas mejoras en el proceso de colocación, como el uso de algunas máquinas eléctricas en lugar de combustión o vehículos más eficientes.
- Contratación de empresas acreditadas con una mayor conciencia medioambiental y poseedoras de algún sello oficial como pueda ser el sello CO2zero.

Otra de las prácticas para reducir las emisiones fue la debatida durante el concurso Powering Transformación, decidiéndose el dedicar una superficie perimetral al campo de fútbol para zonas verdes, reduciendo así las emisiones a largo plazo.

6. CONCLUSIONES

El proyecto muestra una estructura perteneciente a un campo de fútbol, donde se prevé una afluencia de gente y una influencia de acciones de considerada importancia.

Para su posterior cálculo es necesario cumplir con unas determinadas condiciones de visuales al campo, lo que condiciona la geometría de la ampliación.

La estructura que mejor parece adaptarse a estas circunstancias es un diseño realizado con estructura de hormigón prefabricado, con un sistema de descarga unidireccional formado por losas alveolares.

Tras un predimensionado, la definición de las opciones de cálculo y la posterior modernización de la estructura tras calcularla mediante Cype y método manual, se han realizado diversas pruebas que mayoritariamente se han centrado en mejorar el diseño para cumplir todas los requerimientos que establecen las normativas.

Una vez resueltos correctamente todos los elementos de la estructura incluyendo la cimentación, se ha realizado el consiguiente presupuesto y desarrollo de este Estudio.

Con el proyecto acabado, y utilizando los datos del mismo, se ha procedido a la valoración de la repercusión medioambiental de dicha estructura.

7. RELACIÓN DE ANEJOS

Anejos incluidos en este Estudio.

- Anejo I. Informe de cálculo
- Anejo II. Planos

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Gobierno de España, Ministerio de Fomento, Código Técnico de la Edificación (CTE). Madrid. 2009.

2. Gobierno de España, Ministerio de Fomento, Instrucción de hormigón estructural (EHE 08). Madrid. 2008.

3. Gobierno de España, Ministerio del interior, Reglamento General de Policía de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas (RGPEPAR). BOE num. 267. De Art. 25 a 34. Madrid. 1982.

4. Medina Sánchez, E. Construcción de estructura de hormigón armado, edificación. 2º edición. Ed. Delta publicaciones. 2007.

5. Guerra Torralbo, JC. Micropilotes: Tipología, ejecución y puesta en obra. Revista Aforos. Abril 2009. Número 7.

6. Rui-Wamba Martija, J. Consideraciones sobre la orientación y dimensiones de un campo de fútbol y sobre la geometría de los graderíos. Esteyco s.a.

7. Diseño paramétrico de graderíos Osome. Espacios deportivos. Disponible en: http://www.osome.org/wp/wp-content/uploads/2011/03_OSOME_Graderios.pdf. Acceso el 2 de Noviembre de 2014.

8. Instituto de tecnología de la construcción de Cataluña. Base de datos BE-CEC. Disponible en: <http://itec.es/nouBedec.e/bedec.aspx>. Acceso el 12 de Enero de 2015.

9. Prefabricados especiales Teide. Productos: Vigas prefabricadas. Disponible en: <http://www.prefabricadosteide.com/?portfolio=vigas>. Acceso el 6 de Diciembre de 2014.

10. Estructura para forjados Prainsa. Catálogo para forjados. Disponible en: http://www.prainsa.es/web_nueva/prainsa/pdf/forjados/catalogo_forjados.pdf. Acceso el 10 de Diciembre de 2014.

11. Prefabricados de hormigón Hormipresa. Elementos: Placas alveolares. Disponible en: <http://www.hormipresa.com/prefabricados-de-hormigon/placas-alveolares>. Acceso el 19 de Noviembre de 2014.

12. Grupo de prefabricados Pacadar. Catálogo técnico de productos de edificación. Disponible en: <http://www.pacadar.es/files/catalogotecnico.pdf>. Acceso el 4 de Noviembre de 2014.

13. Prefabricados para la construcción Rubiera Predisa. Pilares prefabricados. Disponible en: <http://www.rubiera.com/docs/Pilares.pdf>. Acceso el 21 de Noviembre de 2014.

14. Eding Aps soluciones constructivas. Apoyos elastoméricos. Disponible en: ftp://ftp.cype.net/documentaciontecnica/eding/eding_apoyos.pdf. Acceso el 6 de Enero de 2015.

15. Gobierno de España, Ministerio de fomento, Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera. Instrucciones de construcción. Madrid. 2005.

9. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a Juan Villarroya Gaudó toda la confianza, paciencia y dedicación que ha puesto en nosotros a lo largo de los últimos meses, así como a José Ángel Pérez Benedicto y a Rafael Ade Beltrán, todos ellos por ser capaces de guiarnos, ayudarnos y enseñarnos tanto como han podido.

También nos gustaría agradecer el apoyo silencioso e incondicional que nos han ofrecido nuestros familiares y parejas, en especial a Rubén Sancho que nos ha brindado todos sus conocimientos.

Por último dar las GRACIAS a Andrés, pues sin él este final habría sido totalmente diferente.