



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Proyecto básico de la estructura de nuevo graderío para el campo de fútbol de polideportivo de Villamarchante (Valencia)

Presentado por

Pérez-Almazán Piwowarsky, Cristian

Para la obtención del

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2019/2020

Fecha: 1 de Diciembre de 2020

Tutor: Alcalá González, Julián

Cotutor: Clemente Tirado, Juan José



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto básico de la estructura de nuevo graderío para el campo de fútbol de polideportivo de Villamarchante (Valencia)



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

RELACIÓN DE DOCUMENTOS

DOCUMENTO Nº1: Memoria y anejos:

ANEJO Nº1: Datos previos

ANEJO Nº2: Estudio geotécnico

ANEJO Nº3: Estudio de soluciones

ANEJO Nº4: Desarrollo de la solución adoptada

ANEJO Nº5: Cálculo estructural

ANEJO Nº6: Plan de trabajo

ANEJO Nº7: Valoración económica

DOCUMENTO Nº2: Planos

PLANO Nº1: Localización del polideportivo

PLANO Nº2: Movimiento de tierras

PLANO Nº3: Alzado y perfil de la solución adoptada

PLANO Nº4: Planta de la solución adoptada

PLANO Nº5: Detalle de cerramientos

PLANO Nº6: Cimentación

PLANO Nº7: Cubierta

PLANO Nº8: Armado

PLANO Nº9: Uniones



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto básico de la estructura de nuevo graderío para el campo de fútbol de polideportivo de Villamarchante (Valencia)



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos



MEMORIA

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MEMORIA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

Índice

1. Objeto.....	3
2. Datos previos.....	3
3. Estado actual.....	3
4. Necesidades.....	4
5. Geología y geotecnia.....	4
6. Estudio de soluciones.....	5
7. Solución adoptada.....	6
8. Graderío.....	6
8.1. Cimentación.....	6
8.2. Pilares.....	6
8.3. Viga portagradas.....	7
8.4. Vigas grada.....	7
8.5. Cerramientos.....	7
8.6. Uniones.....	7
8.7. Accesibilidad.....	8
8.8. Mobiliario.....	8
9. Cubierta.....	8
10. Cálculo estructural.....	8
11. Plan de trabajos.....	9
12. Valoración económica.....	9
13. Conclusión.....	10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MEMORIA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

1. Objeto

Este Trabajo Final de Máster para la titulación Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos tiene como objeto la construcción de una nueva grada norte cubierta para el campo de fútbol del polideportivo de Villamarchante, localizado en la provincia de Valencia.

En este proyecto básico se propone una solución para el estado actual del mismo, cuya grada se encuentra fuera de servicio debido a un tornado. Por tanto, se propone la demolición de la grada sur que se encuentra fuera de servicio y la construcción de una nueva grada cubierta con instalaciones subterráneas localizada al norte del campo de fútbol.

2. Datos previos

El campo de fútbol se ubica en el polideportivo municipal de Villamarchante, en la provincia de Valencia. Dicho polideportivo fue construido en 1978, tiene una superficie total de 19.687 metros cuadrados y una superficie construida de 8.796 metros cuadrados.



Ilustración 1. Localización de Villamarchante. (Fuente: Google Maps)

El polideportivo consta de dos accesos, uno para peatones y otro para vehículos. El acceso peatonal se ubica al este del polideportivo, concretamente en la intersección entre Avenida Poliesportiu y la Calle de Manises. Por su parte el acceso de vehículos se ubica en el Calle de Sant Ricard, localizada al sur.

Actualmente, el uso del campo conocido como campo de fútbol “Germans Albiol” consiste en el entrenamiento y los partidos del Club de Fútbol Villamarchante, el cual actualmente disputa competiciones de tercera división española en el grupo 6 de esta categoría considerada como “Amateur”. Las divisiones inferiores son consideradas como “Aficionado”, mientras que las superiores son fútbol profesional, por lo cual un ascenso traería un gran beneficio económico y de prestigio para el club.

Además del primer equipo este campo localizado en el polideportivo municipal es utilizado por las categorías inferiores y la escuela de fútbol del club.

Además de este campo de fútbol, el polideportivo municipal consta de más instalaciones tanto deportivas como recreativas. En el costado este consta de una pista de pádel, dos pistas de Tenis, un bar y los vestuarios que se han comentado anteriormente. En el costado oeste consta de una piscina cubierta A estas instalaciones se suman un campo de fútbol sala el cual reserva un espacio transversal para una pista de baloncesto, un frontón cubierto y un gimnasio. La distribución de estas se puede observar en el anejo 1 de este proyecto básico.

3. Estado actual

El pasado mes de enero de 2020, el municipio de Villamarchante fue afectada por un tornado originado por la borrasca Gloria, lo cual provocó múltiples daños en varias instalaciones municipales a pesar de no resultar ninguna persona herida. El tornado se concentró en instalaciones deportivas y mobiliario urbanos, así como farolas y señales de tráfico.

En concreto, el campo de fútbol Hermanos Albiol, fue fuertemente dañado por el tornado, quedando derrumbada la cubierta del graderío así como parte de la estructura de la grada. A su vez, los vestuarios sufrieron importantes daños. Los daños originados obligaron a quedar la grada inutilizable y buscar una alternativa.



Ilustración 2. Estado de la grada sur del campo de fútbol Hermanos Albiol tras el tornado Gloria. (Fuente: periódico local)

4. Necesidades

Debido a los ascensos del primer equipo en los últimos años, ha aumentado la afluencia al campo en los últimos tiempos, lo que provoca que en los partidos más importantes de la temporada hubiera personas de pie o sentadas en el suelo. Esto se debe a que el anterior graderío tenía menos de 600 asientos, pese a que esta tuviera capacidad para más personas.

Por tanto, se propone la construcción de una grada con una capacidad de aproximadamente del doble de los asientos existentes previamente, en la que todas las personas tengan un asiento propio.

Además se propone que esta permita ubicar los vestuarios en su interior, pudiendo prescindirse de los actuales vestuarios, lo que dotaría de mayor capacidad de aparcamiento. Finalmente, se propone que el nuevo graderío permita el acceso de los jugadores al terreno de juego directamente desde los vestuarios mediante un túnel de vestuarios.

Se debe tener en cuenta que debido a los ascensos de categoría logrados recientemente por el club el campo de fútbol actual no se adapta a los requisitos de tercera división. Las dimensiones del terreno de juego son de 92 metros de largo y 61 metros de ancho, por lo cual se encuentra por debajo de las dimensiones reglamentarias para campos de juego de su categoría que tienen unas dimensiones mínimas de 100 metros de longitud y 64 de anchura.

DIMENSIONES DEL CAMPO DE JUEGO SEGÚN NIVELES				
NIVEL		DIMENSIONES (m)		
		Longitud (Líneas de banda)	Anchura (Líneas de meta)	
Competiciones ámbito regional, local, recreativo, cadetes (Sub-16)	Mínimo	90	50	
	Recomendado	100	60	
Competiciones nacionales	Aficionados, Juveniles (Sub-18), Autonómicas	100	60	
	2ª B y 3ª División	Mínimo	100	64
		Recomendado	105	68
	1ª y 2ª División, Campeonato de España, Supercopa, Copa RFEF	105	68	

Ilustración 3. Dimensiones reglamentarias de los campos de juego según la categoría. (Fuente: Consejo Superior de Deportes).

El actual terreno de juego es de césped artificial, dada la categoría actual del club y debido a las necesidad de ampliar las dimensiones, existe un proyecto para sustituir el terreno de juego por uno de césped natural más apto para la categoría del club.

Esta parte queda fuera del alcance de este proyecto básico cuyo objetivo es la definición de la nueva estructura, no obstante debido a la necesidad de realizar la sustitución del césped de cara a la próxima temporada se considera que el nuevo terreno de juego se desplazará hacia el sur aprovechándose el espacio ocupado por la anterior grada sur.

5. Geología y geotecnia

En el ANEJO nº2 de este proyecto se recoge un estudio geotécnico del subsuelo partiendo de los datos de una campaña previamente realizada en la zona de estudio.

La geología de la zona se pueden encontrar en la página web del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), concretamente, los datos de Villamarchante se encuentran en la Hoja número 695 (Liria) a escala 1:50.000, la cual se muestra en la siguiente ilustración y, con mayor detalle en el apéndice del ANEJO Nº2.

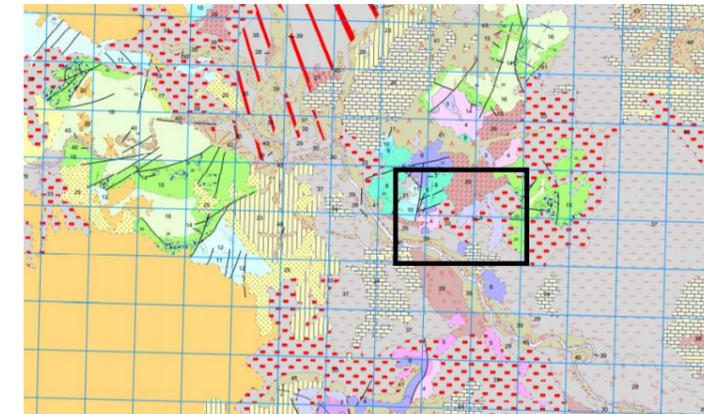


Ilustración 4. Hoja nº 695 Liria. (Fuente: IGME)

El terreno en la zona del polideportivo, señalado en la ilustración 4 mediante un recuadro negro, se caracteriza por tener una litología de limos de vertiente: limos carbonatados con cantos angulosos, perteneciendo la zona de estudio a la unida cartográfica 33.

En la ilustración 5 se muestra en detalle la unidades geológicas del área de interés:

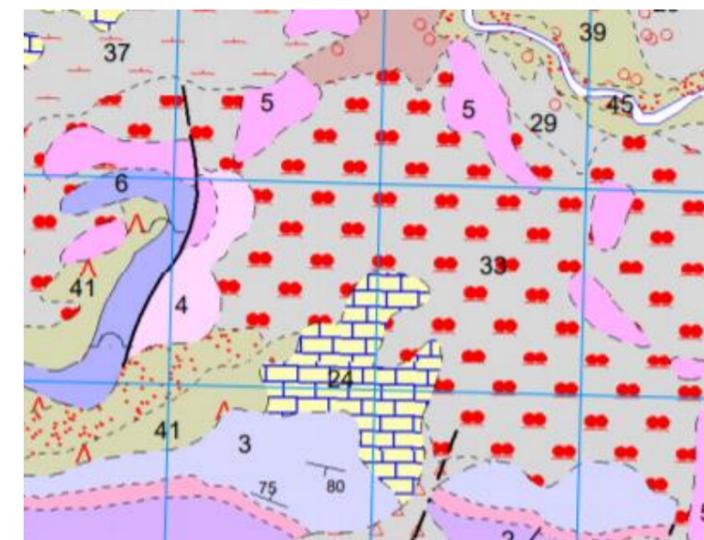


Ilustración 5. Geología de la zona de estudio. (Fuente: Hoja 696 de IGME).

Además de los limos de vertiente en los que se sitúa el polideportivo, la zona está rodeada por otros materiales como son las arcillas abigarradas con yesos Intercalaciones de areniscas rojas localizada al oeste (unidad cartográfica 4), calizas lacustres con tubos de algas al sur (24), dolomías tableadas gris oscuro al noreste (5), arcillas y cantos angulosos por el suroeste (41) y terrazas: arenas, limos y cantos (29).

Por lo que respecta a la campaña geotécnica para el estudio del suelo se determinó la ejecución un sondeo rotativo y dos penetraciones dinámicas a rechazo, por lo tanto se contó con tres puntos de reconocimiento.

La estratigrafía de la zona de influencia para la obra se determinó una capa superficial denominada nivel 0 compuesta por terreno removido, rellenado y vegetal, esta capa de terreno no es de influencia debido a que se detectó en los sondeos realizados en el exterior, al estar el terreno del polideportivo pavimentado se considera que la capa no está presente en el interior.

El nivel 1 se trata de una capa de 5 metros y 40 centímetros de espesor. Este nivel se trata de arenas limosas y limos arenosos algo arcillosos, en los que se han encontrado cantos y cierta costras calizas. La tonalidad es marrón pardo, el suelo presenta una plasticidad prácticamente nula y una compacidad densa. El suelo se asemeja a un comportamiento granular con cierta cementación y encostramientos, por lo que se produce el rechazo del ensayo de penetración.

Las características del terreno son las siguientes:

- Ángulo de rozamiento efectivo: 33°
- Cohesión efectiva: $c' = 0,05-0,1 \text{ kg/cm}^3$
- Densidad aparente: 20 KN/m³
- Módulo de deformación: 500-1000 kg/cm³
- Permeabilidad: 10^{-4} m/s

LITOLOGÍA	PROF. INICIO	PROF. FIN	SPT	Granulometría					
				20	5	2	0,4	0,16	0,08
Arenas limosas-arcillosas	1,40	2,00	39	97,31	96,44	90,85	75,04	58,07	47,62
Arenas y gravas en matriz limosa	3,00	3,40	R	82,56	66,74	58,96	48,85	38,17	30,53
Gravas y arenas en matriz limosa	5,40	5,80	R	93,14	52,51	31,53	21,02	17,14	14,19

LITOLOGÍA	PROF. INICIO	PROF. FIN	Humedad (%)	LL	LP	IP	CLASE
Arenas limosas-arcillosas	1,40	2,00	18,91	22,39	16,29	6,1	SM-SC
Arenas y gravas en matriz limosa	3,00	3,40	8,35	-	-	NP	SM
Gravas y arenas en matriz limosa	5,40	5,80	12,55	-	-	NP	GM

El ANEJO nº2 concluye con la propuesta de la cimentación. Al localizarse Villamarchante en una zona de aceleración sísmica menor a 0,16g se considera que se puede prescindir de vigas de atado disponiendo de una solera de 15 centímetros. La cimentación propuesta consistirá en zapatas aisladas rectangulares de hormigón armado calculadas en dicho anejo y que se detallan en apartados siguientes.

6. Estudio de soluciones

En el ANEJO Nº3 se ha realizado un estudio de soluciones para llegar a la propuesta de la solución a adoptar. Debido a la destrucción del anterior graderío, se le da gran importancia a la durabilidad y la resistencia de la estructura.

Se han contemplado diversas soluciones para el graderío en todas ellas proponiéndose una distribución de gradas con un tramo horizontal de aproximadamente el doble del tramo vertical. Cabe tener en cuenta que la distancia que existirá con las demás infraestructuras es limitado, por lo que cabe optimizar el espacio.

Para la elección de los materiales se ha tenido en cuenta la flexibilidad del hormigón prefabricado que permite además una sencilla instalación por uniones atornilladas. Mientras que la estructura de la cubierta será metálica.

La propuesta es la realización de pórticos consecutivos unidos por vigas grada prefabricadas que darán lugar a la estructura de la grada. Cada pórtico estará formado por una viga portagradas apoyada sobre pilares prefabricados.

Para la estructura del graderío se realizaron 4 propuestas que se pueden encontrar descritas en el ANEJO nº3, la primera era la más sencilla, estando formado cada pórtico por dos pilares y una viga portagradas, la ventaja que presentaba era el reducido espacio que quedaba para albergar los vestuarios y la menor capacidad que dotaba al graderío (10 personas por metro lineal). Las alternativas 2 y 3, eran muy similares, teniendo igual estructura que la primera pero dotando de una capacidad un 60% mayor y ocupando un mayor espacio. La diferencia entre ellas era que la primera disponía del pasillo de acceso a los asientos en la parte superior, necesitando de una mayor obra y de una menor accesibilidad, al tener que disponer de una mayor escalera, mientras que la alternativa 3 disponía de ese pasillo en la parte inferior. Por último, la alternativa 4 requería de un mayor volumen de obra, maximizando la capacidad así como el tamaño, teniendo un último tramo en voladizo.

Para decidir entre las diferentes alternativas se realizó un análisis multicriterio, valorando los siguientes criterios dándoles una ponderación del 1 al 3:

- El espacio ocupado: Dado que se consideró que las cuatro alternativas son viables no es un factor de gran importancia. (1)
- Accesibilidad: Se tuvo en cuenta la opción que requiera de menor obra para acceder a la grada y minimice el movimiento a los espectadores. (3)
- Visión: se tuvo en cuenta la visión de todos los espectadores por altura y por obstáculos como por el paso de personas. (2)
- Capacidad: Se trató de maximizar el aforo. (3)
- Economía: Se valoró la opción que tenga menor coste. (1)
- Seguridad: Se consideró que alternativa tiene menos riesgos potenciales para los usuarios. (3)
- Sencillez: Se valoró positivamente la opción más sencilla de implantar. (1)

Tras evaluar cada criterio para cada alternativa con un valor entre 1, para la peor y 4 para la mejor, se llegó a la conclusión de que la alternativa 3 era la más óptima.

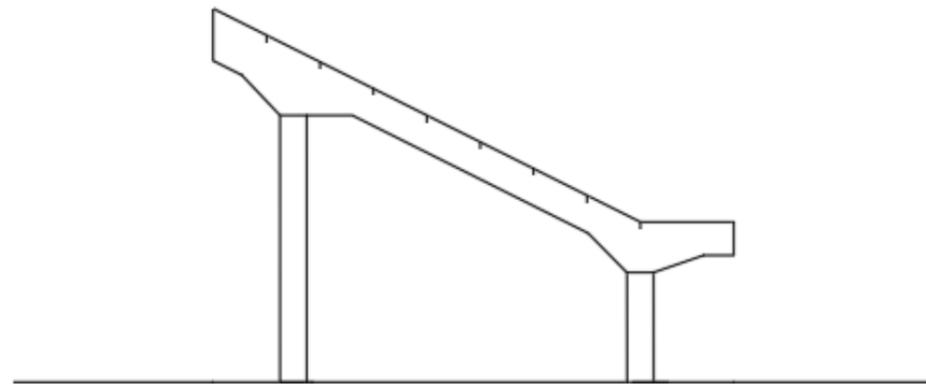


Ilustración 6. Alternativa 3, solución adoptada. (Fuente: Elaboración propia)

Para la cubierta por su parte, se consideró la necesidad de disponer de una estructura resistente debido a la caída de la anterior por el tornado y se pretende el mínimo volumen de obra.

El alumno propone resolver la cubierta con una estructura metálica aporticada y una cubierta curva auto soportada de chapa metálica. De esta forma el perfil curvo, es capaz de resistir las cargas y transmitirla a los apoyos salvando luces de hasta 13 metros. Además este tipo de cubiertas al carecer de jácenas y correas dispone de una rápida y más sencilla instalación y funciona como una membrana continua.

Con este sistema se conseguiría una reducción del peso de la estructura en comparación con otras estructuras más convencionales, además de una gran durabilidad y estética, dado que estos perfiles tienen una durabilidad estimada de 25 años.

7. Solución adoptada

La solución a adoptar parte de la base de derrumbar la estructura de la grada existente, actualmente fuera de servicio por los tornados, tras eliminar la estructura se proyectará el nuevo terreno desplazado hacia el sur ocupando el terreno ocupado anteriormente por la grada y dejando mayor espacio en la zona norte para construir la nueva estructura.

La nueva estructura se divide en dos estructuras, una primera que consiste en la estructura de la grada, mientras que la segunda parte consiste en una cubierta autoportante tipo sándwich de chapa de acero sobre una estructura metálica.

A continuación se describe la estructura a construir, toda ella redactada con mayor exactitud en el anejo nº 4 "Estudio de la solución adoptada" y calculada en el anejo nº 5 "Cálculo estructural", en el cual se han establecido dimensiones y el armado a emplear.

8. Graderío

La estructura de la grada será construida en su totalidad por elementos prefabricados de hormigón armado para lograr homogeneidad y estética en los acabados. Esta estructura estará formada por 12 pórticos separados por 6,75 metros entre sus directrices.

Cada pórtico estará constituido por dos pilares de distinta altura sobre lo que se apoya la viga portagrasas de canto variable. Los pórticos se unirán por vigas grada de 80 centímetros de huella y 40 centímetros de contrahuella dando lugar a la estructura final de la grada.

Los materiales a emplear son hormigón de 35 N/mm² de resistencia y acero de resistencia 500 N/mm².

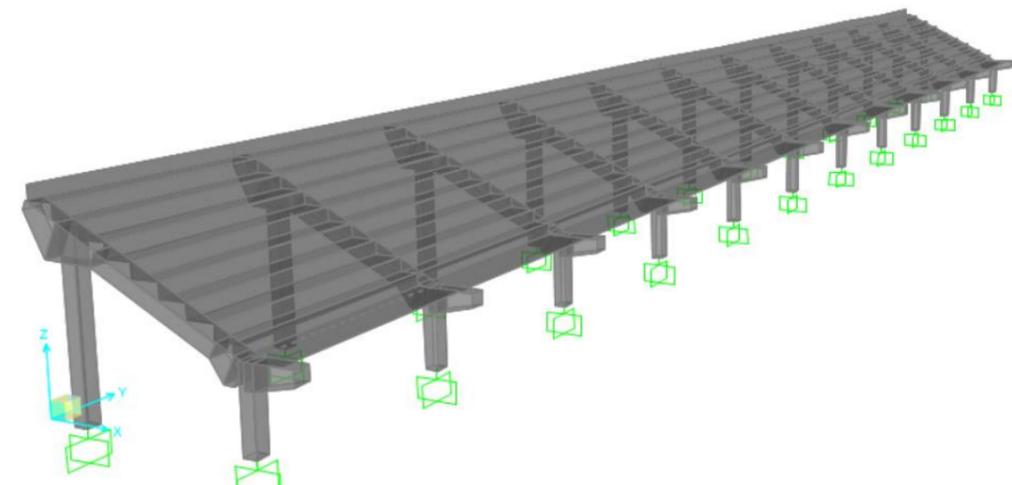


Ilustración 7. Estructura de la grada en modelo de SAP 2000. (Fuente: Elaboración propia)

8.1. Cimentación

La cimentación se calculó en el anejo nº 2 "Estudio geotécnico", calculándose su armado en el anejo nº 5 "Cálculo estructural", esta se realizará 2,3 metros por debajo del terreno de juego.

La cimentación consiste en zapatas aisladas, actuando la solera de 15 centímetros como elemento de atado, las dimensiones de las zapatas para los pilares tipo A (el de mayor altura, como se describirá en los apartados siguientes), será de 1,5x1,5 metros y un espesor de 60 centímetros, mientras que para los pilares B se precisa de unas zapatas de 1,7x1,7 metros y 60 centímetros de espesor.

Las zapatas A dispondrán de 9 barras de 16 milímetros de armado, mientras que las zapatas tipo B dispondrán de 10 barras de 16 milímetros.

8.2. Pilares

Cada pórtico dispondrá de dos pilares sobre los que se apoyará la viga portagrasas, ambos tendrán una sección cuadrada de 40x40 centímetros.

Los pilares tipo A tendrán una altura de 4,5 metros mientras que los pilares tipo B tendrán una altura de 2,15 metros, existiendo una distancia de 5,2 metros entre sus directrices.

El armado de los pilares calculado en el anejo 5, constará de 12 barras de 12 milímetros divididas 3 en cada cara. La armadura a cortante estará compuesta por barras de 12 mm con una separación máxima de 30 centímetros entre armaduras.

8.3. Viga portagradas

Las vigas porta gradas se situarán sobre los pilares y tendrán un canto variable y un espesor de 50 centímetros teniendo una estructura acartelada en los apoyos en los pilares. La viga portagradas mantendrá una pendiente constante hasta el tramo horizontal del voladizo en el que se sitúa el espacio de paso de los espectadores a sus respectivos asientos, de 1 metro y 40 centímetros de longitud. La viga dispondrá de 5 cambios de sección.

Sección inicial	Sección final	Longitud
78x50	110x50	1,06
110x50	56x50	1,23
56x50	56x50	3,93
56x50	86x50	0,59
86x50	76x50	0,28
76x50	76x50	0,25
76x50	50x50	1,15

El armado longitudinal consistirá en 12 barras de 16 milímetros divididas 6 en la cara superior y las mismas en la cara inferior. Por su parte, el armado transversal consistirá en armaduras de 12 milímetros de diámetro separadas 37,5 centímetros, disminuyendo esa distancia con la proximidad de la unión a los pilares.

8.4. Vigas grada

Las vigas grada serán los elementos de unión entre pórticos y los que darán lugar a la estructura final del graderío. Estas se unirán por tornillos a la vigas portagradas y tendrán un perfil en L dando lugar a una estructura de 80 centímetros de huella y 40 centímetros de contrahuella, a excepción de la primera fila que tendrá una huella de 1 metro con 40 centímetros, dando lugar al pasillo de acceso a los asientos.

Estos elementos tendrán una longitud de 6,75 metros, a excepción de las vigas gradas que apoyen sobre los pórticos extremos, teniendo estas una longitud de 7,00 metros.

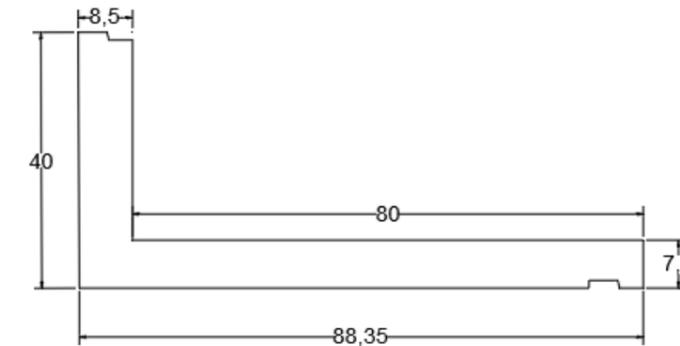


Ilustración 8. Sección de vigas gradas. (Fuente: Elaboración propia).

8.5. Cerramientos

Los cerramientos se realizarán con paneles aislados de hormigón armado de 15 centímetros de espesor que permitirán el cerramiento de toda la grada en sus distintos costados, se dejará un tramo vacío entre los pórticos centrales aprovechable como túnel de vestuarios.

Se encargarán paneles de 1,2 metros de anchura y hasta 8,5 metros de largo. Pudiéndose disponer de paneles de dimensiones especiales para remates. Para las uniones entre ellos disponen de muescas que permiten la instalación.

8.6. Uniones

Las uniones entre elementos prefabricados irán atornilladas, mediante barras corrugadas B-500S de las que disponen los elementos prefabricados, que dispondrán de un cabezal atornillable.

Para la unión entre los pilares y las cimentaciones se dispondrá en la cimentación de barras corrugadas a modo de tornillos de 40 centímetros de longitud y 32 milímetros de diámetro, los cuales se insertarán en las piezas adaptable a ese diámetro que se instalan en el pie del pilar para que la pieza quede perfectamente unida a su cimentación. Se dispondrá de 4 tornillos por zapata y 4 pies por pilar, esta unión se deberá rellenar con mortero antes de entrar en carga.

El anclaje entre pilares y viga portagradas se realizará mediante acoples de encaje localizados en la viga a la altura de donde se va a unir con el pilar, estos anclajes son armaduras de anclaje de 16 milímetros con roscas que se unirán a un pie de anclaje localizado en las cabezas de los pilares. Será suficiente disponer 4 pies en cada pilar.

Por su parte las vigas grada se atornillarán a una pie de la viga portagradas con unos tornillos de rosca que vienen directamente instalados en las vigas grada, mientras que los cerramientos se unirán entre ellos mediante muescas y a los pilares mediante tornillos.

Los resultados se pueden encontrar en los planos 6 "cimentaciones" y 9 "uniones".

8.7. Accesibilidad

El acceso a la grada se realizará por los costados este y oeste mediante escaleras de hormigón prefabricadas que deberán salvar una distancia de 1,2 metros, permitiendo el acceso al pasillo de 1,40 metros. Estas escaleras tendrán un total de 6 peldaños de 30 centímetros de huella y 20 centímetros de contrahuella, con una meseta final de 1 metro, un canto de 15 centímetros y una anchura de un metro.

Además se deberá disponer de escaleras para acceder a los asientos, el graderío se ha dividido en 3 tramos, por tanto existirán 4 tramos de escaleras laterales que se realizarán mediante peldaños que permitirán salvar la contrahuella de 40 centímetros de la que dispone la grada reduciéndola a la mitad.

Los peldaños para salvar la contrahuella tendrán una huella de 40 centímetros y una contrahuella de 20 centímetros, el largo de los mismos será 1,23 metros en su parte inferior y 1,20 metros en la parte superior y el peso de cada uno será de 95 kilogramos.

8.8. Mobiliario

Se debe disponer de barandillas que cubran el total perímetro de la grada, en la parte sur, que da al campo de fútbol se propone una barandilla de cristal ultrarresistente para que no resulte un impacto para la visión del partido, mientras que en los otros costados se dispondrá de módulo de aluminio.

Los asientos se dispondrán con una separación entre ejes de 50 centímetros, serán de PVC, con unas dimensiones de 420x400x278 milímetros. Se encargarán 1.104 asientos de colores amarillo y negro debido a que son los colores del club, dando una imagen característica de este.

9. Cubierta

La estructura de la cubierta consiste en una serie de 7 pórticos consecutivos separados una distancia de 12,5 metros. Cada pórtico estará formado por dos pilares de distinta altura y una viga cubierta que tendrá una proyección ascendente.

El pilar trasero (tipo C) tendrá una longitud de 7,50 metros y el delantero (tipo D) de 7,90 metros para que la viga tenga una proyección ascendente. El perfil de ambas será un HEB 240 metálico que irá soldado a la viga cubierta, así como a la placa de anclaje de la cimentación.

La cimentación de los pilares serán unas zapatas aisladas de 1x1 metros y 60 centímetros de espesor de hormigón armado con 10 barras de 12 milímetros localizadas en la cara inferior con un recubrimiento de 10 centímetros., dispondrán de una placa de anclaje en la que se soldará el pilar y que irá unida a la zapata mediante unos pernos de anclaje, como se puede observar en el plano 6 "cimentación".

La viga cubierta se soldará a ambos pilares y cubrirá la total longitud de la grada cubriendo así a todos los espectadores. Esta viga se ha dimensionado como todo el conjunto en el programa SAP 2000, optimizando los perfiles para alcanzar la seguridad requerida con el menor volumen de obra. Esta viga tendrá una sección variable partiendo de un perfil IPE 270 en el comienzo hasta un perfil IPE 200 en el extremo opuesto.

Los pórticos se unen entre sí mediante vigas transversales que unen la cabeza de los pilares, con un perfil IPE 200, así como dobles diagonales tanto en planta como en alzado que evitarán posibles esfuerzos laterales. Ambas tendrán un perfil IPE 200. Tanto las vigas como las diagonales irán soldadas tanto entre sí como a los pilares y viga cubierta.

La cubierta será una cubierta metálica tipo sándwich con chapas de acero y material aislante. La geometría de la cubierta estará definida por un radio de 14,79 metros y una flecha de 1385 milímetros.

La chapa de acero de límite elástico 250 N/mm² formaría el perfil interior a lo que se añadiría un aislamiento de fieltro de lana de roca dispuesto de forma continua en toda la cubierta.

Para garantizar la separación de las chapas metálicas y alojar el aislante se dispone de perfiles omega que además actuará como correa

Para la colocación de la cubierta se precisa la colocación de unos remates especiales en el perfil IPE para dar un ángulo de 25° a la cubierta. Se dispondrá de tornillos que unan la cubierta al remate y al perfil. Entre las chapas emplearán tornillos chapa-chapa, ambos serán tornillos de acero al carbono.

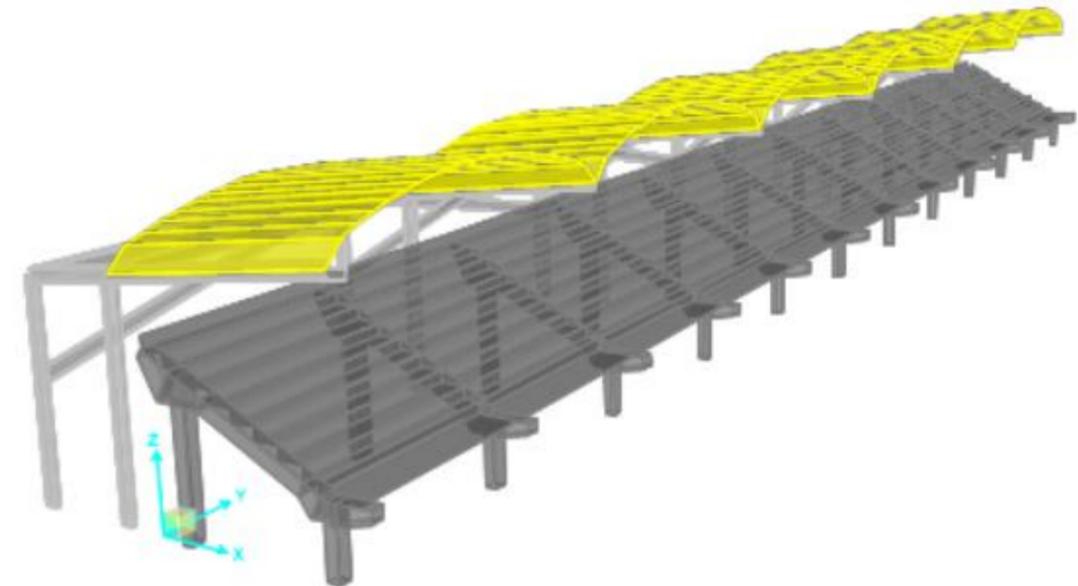


Ilustración 9. Estructura modelada en SAP 2000. (Fuente. Elaboración propia)

10. Cálculo estructural

En el anejo 5 "Cálculo estructural" se han realizado los cálculos necesarios para definir las estructuras anteriormente descritas, los cálculos se han realizado de acuerdo a la EHE y la EAE así como la norma de construcción sismorresistente y el código técnico de edificación. Las estructuras fueron definidas en el programa SAP 2000, pudiéndose ver los resultados en dicho anejo.

Para la verificación de la seguridad estructural se han definido distintas hipótesis de cálculo que contemplan los esfuerzos permanentes, como el peso propio y las cargas variables, así como los esfuerzos variables como es el caso de las sobrecargas de uso, la acción del viento, la nieve y la acción sísmica.

Para el dimensionamiento se han tenido en cuenta las combinaciones más desfavorables para cada estructura, llegándose a los resultados descritos anteriormente y verificándose la seguridad de la estructura.

11. Plan de trabajos

En el anejo 6 de este trabajo se describe el procedimiento realizar para el cálculo del plazo necesario para completar los trabajos.

Para la realización del plan de trabajo se han considerado semanas de trabajo de 5 días con 8 horas laborales, se considera el comienzo de las obras después de las vacaciones de navidad para que sea congruente con la fecha de exposición de este Trabajo Final de Máster. Por tanto, la fecha de comienzo prevista será el lunes 11 de enero de 2021 y la única festividad que influya en las obras, además de los fin de semanas será la festividad de San José del 19 de marzo. Los trabajos tendrán una duración de 12 semanas.

La obra será finalizada previsiblemente el 2 de abril de 2021. Dada la situación extraordinaria producida por la pandemia mundial del COVID-19, que ha producido que los eventos deportivos de esta categoría se produzcan sin público, todavía sin vacuna suministrada a la población no es previsible que este tipo de espectáculos vuelva a tener público para la fecha en la que finalizan las obras. Por tanto, al poder disputarse las competiciones en otros campos cercanos al municipio de Villamarchante y debiendo estar la grada vacía por un tiempo todavía indeterminado, la obra no necesita un plazo de finalización establecido.

El plan de trabajos completo, representado por un diagrama de Gantt se muestra en el apéndice del anejo número 6.

12. Valoración económica

En el anejo 7 se ha realizado una valoración económica que ha contemplado 6 capítulos en función de los trabajos a realizar, en este anejo se encuentra detalladamente las distintas unidades de obra de las cuales se ha realizado una medición y se ha establecido su coste teniendo en cuenta el precio unitario de cada unidad. Finalmente se ha obtenido la valoración económica de cada capítulo y se ha aplicado un 6% de beneficio industrial y un 13% de gastos generales. Por último se ha aplicado un 21% de I.V.A, llegando a la valoración económica final, como se recoge en la siguiente tabla:

Capítulo	VALORACIÓN ECONÓMICA (€)
Capítulo 1: Actuaciones previas	3.385,95
Capítulo 2: Demoliciones y movimiento de tierras	61.614,97
Capítulo 3: Cimentación	18.333,07
Capítulo 4: Graderío	142.082,46
Capítulo 5: Cubierta	65.797,90
Capítulo 6: Instalaciones, mobiliario y acabados	69.318,30
TOTAL	360.532,65
13% GASTOS GENERALES	46.869,24
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	21.631,96
TOTAL SIN I.V.A	429.033,85
21% I.V.A	90.097,11
TOTAL	519.130,96

La valoración económica de la obra asciende a **519.130,96€: QUINIENTOS DIECINUEVE MIL CIENTO TREINTA EUROS CON NOVENTA Y SÉIS CÉNTIMOS.**

La contribución de cada capítulo, así como los porcentajes aplicados, al importe total de la obra es el siguiente:

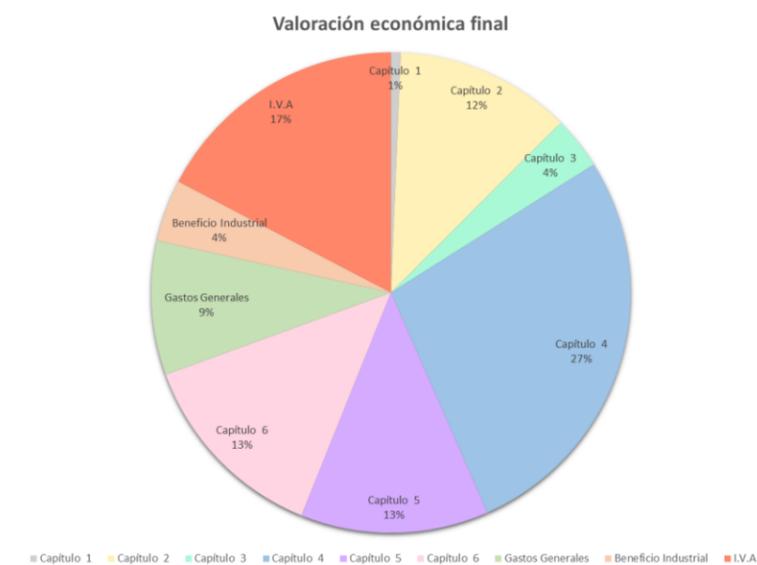


Ilustración 10. Distribución de la valoración económica final. (Fuente: Elaboración propia).

13. Conclusión

La solución propuesta en este proyecto básico se considera una solución capaz de mejorar la seguridad de la anterior estructura y resistir de forma correcta cualquier solicitación que se pueda presentar. Esta solución se considera además viable económicamente y en cuanto a plazos dado que la situación actual obliga a disputar los partidos sin público, la finalización de los trabajos está prevista para antes de la vuelta del público. Para llegar a la solución adoptada se ha considerado en primer lugar la seguridad, así como la industrialización y la economía en las soluciones.

Este proyecto básico establece las líneas a seguir a la hora de elaborar el proyecto de construcción.

VALENCIA, DICIEMBRE DE 2020

Firmado: Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky





ANEJO ODS

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky

Anexo al Trabajo Fin de Máster

Relación del TFM “Proyecto básico de la estructura de nuevo graderío para el campo de fútbol de polideportivo de Villamarchante (Valencia)” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				X
ODS 2. Hambre cero.				X
ODS 3. Salud y bienestar.		X		
ODS 4. Educación de calidad.				X
ODS 5. Igualdad de género.		X		
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.		X		
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.		X		
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.		X		
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.	X			
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.				X
ODS 12. Producción y consumo responsables.		X		
ODS 13. Acción por el clima.				X
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				X
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

Descripción de la alineación del TFM con los ODS con un grado de relación más alto.

Este Trabajo Final de Máster para la obtención del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos trata sobre la construcción de la nueva estructura para el graderío del campo de fútbol del polideportivo de Villamarchante, en el se busca implementar una estructura a base de elemento de hormigón prefabricado para alcanzar un gran grado de industrialización y que sea una estructura innovadora para un campo de fútbol de un equipo de tercera división. Además con esto se busca generar

una cantidad mínima de residuos en obra al encargarse las piezas prefabricadas y transportarse a la obra para su montaje. Este proyecto será desarrollado tanto por hombres como por mujeres indiferentemente de su género contratando siempre el perfil más apto para los trabajos a realizar. Dada la situación actual en la pandemia del COVID-19, se busca que la estructura disponga de todos los sistemas posibles para evitar contagios como son dispersores de gel hidroalcohólico y las separaciones convenientes para el momento en el que la obra se ponga en servicio. Además durante las obras existirán cabinas de desinfección y se dispondrá de equipo para evitar contagios entre trabajadores. Se prestará atención a todas las redes de saneamiento de las instalaciones subterráneas así como de un correcto sistema de recogida y canalización de aguas en las cubierta. Los trabajadores dispondrán de correctas condiciones de trabajo con sueldos de acuerdo a lo establecido en el convenio correspondiente y jornadas laborables de 8 horas 5 días a la semana. La producción y el consumo serán responsables realizándose únicamente las unidades de obra que sean justamente necesarias minimizando el volumen de trabajo y de deshechos para un mismo objetivo. Se concluye que este proyecto en la medida en las que es posible cumple con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, quedando parte de ellos fuera del alcance de las posibilidades del proyecto.



ANEJO 1: DATOS PREVIOS

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky

Índice

1. Objeto.....	2
2. Localización	2
3. Uso del polideportivo	3
4. Planeamiento Urbano	3
5. Historia del club y situación actual.....	4
6. Características del campo	4
7. Derrumbamiento por tornados y estado actual	5
8. Hidrología y clima	6
9. Conclusión	7
APÉNDICE	8

1. Objeto

Este Trabajo Final de Máster para la titulación Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos tiene como objeto la construcción de la estructura de una nueva grada para el campo de fútbol del polideportivo de Villamarchante, localizado en la provincia de Valencia. El proyecto se centra en la realización de una nueva grada norte que albergue los vestuarios debajo de esta y una cubierta que cubra la total longitud del graderío.

En el presente anejo se recogen datos previos a modo de facilitar la comprensión sobre el volumen de la obra, así como su localización, el estado actual del polideportivo o los proyectos deportivos del club, para conforme a esto definir las propiedades de la estructura.

2. Localización

El municipio de Villamarchante se localiza en la Comunidad Valenciana, concretamente en la provincia de Valencia y en la comarca de Campo de Turia.



Ilustración 1. Localización de Villamarchante. (Fuente: Google Maps)

El polideportivo municipal de Villamarchante se encuentra separado del núcleo urbano, en la proximidad del cementerio municipal y de la zona de suelo no urbanizable, por lo que se trata de una zona no explotada.



Ilustración 2. Localización del polideportivo dentro del municipio de Villamarchante. (Fuente: Instituto Cartográfico Valenciano).

El polideportivo consta de dos accesos uno para peatones y otro para vehículos. El acceso peatonal se ubica al este del polideportivo, concretamente en la intersección entre Avenida Poliesportiu y la Calle de Manises. Por su parte el acceso de vehículos se ubica en el Calle de Sant Ricard, localizada al sur. Este acceso conduce a un parking actualmente limitado por los vestuarios, el cual quedaría ampliado al retirarse los actuales vestuarios debido a la obra.

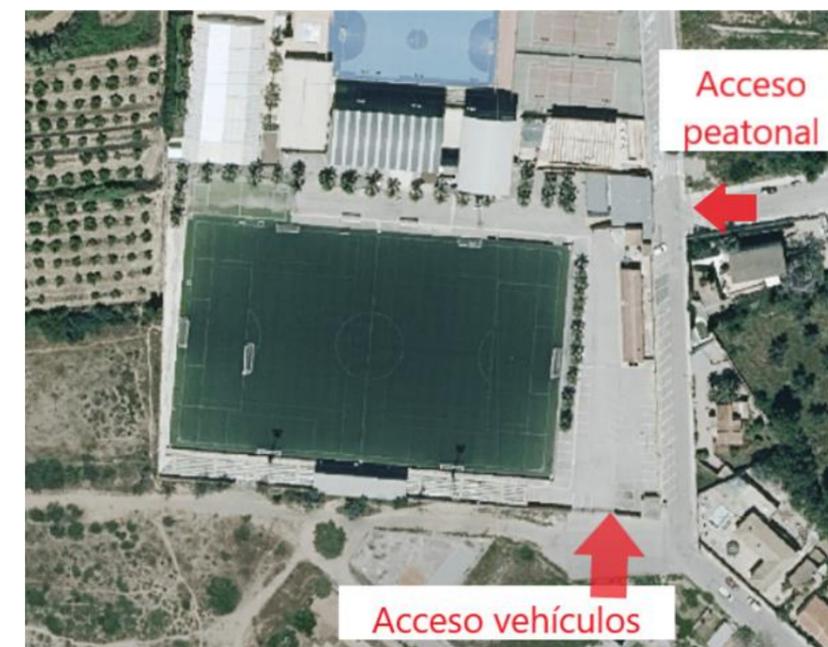


Ilustración 3. Polideportivo de Villamarchante junto a sus accesos al polideportivo. (Fuente: Instituto Cartográfico Valenciano).

3. Uso del polideportivo

Actualmente, el uso del campo conocido como campo de fútbol “Germans Albiol” consiste en el entrenamiento y los partidos del Club de Fútbol Villamarchante, el cual actualmente disputa competiciones de tercera división española en el grupo 6 de esta categoría considerada como “Amateur”. Las divisiones inferiores son consideradas como “Aficionado”, mientras que las superiores son fútbol profesional, por lo cual un ascenso traería un importante beneficio económico y de prestigio para el club.

Además del primer equipo este campo localizado en el polideportivo municipal es utilizado por las categorías inferiores y la escuela de fútbol del club.

Además de campo de fútbol 11, el polideportivo municipal consta de más instalaciones tanto deportivas como recreativas. En el costado este consta de una pista de pádel, dos pistas de Tenis, un bar y los vestuarios que se han comentado anteriormente. En el costado oeste consta de una piscina cubierta A estas instalaciones se suman un campo de fútbol sala el cual reserva un espacio transversal para una pista de baloncesto, un frontón cubierto y un gimnasio.



Ilustración 4. Instalaciones deportivas del polideportivo de Villamarchante. (Fuente: Instituto Cartográfico Valenciano).

4. Planeamiento Urbano

El campo de fútbol Hermanos Albiol se encuentra localizado en el Polideportivo Municipal de Villamarchante, concretamente en la Avenida Poliesportiu. Dicho polideportivo fue construido en 1978, tiene una superficie de 19.687 metros cuadrados y una superficie construida de 8.796 metros cuadrados.

El uso del suelo en dicho polideportivo se puede obtener de la sede electrónica de catastro y es la siguiente:

Uso principal	Superficie (m2)
DEPORTIVO	5.646
DEPORTIVO	303
DEPORTIVO	140
DEPORTIVO	436
OCIO HOSTEL.	207
ALMACEN	57
ALMACEN	128
ALMACEN	20
ALMACEN	32
DEPORTIVO	160
DEPORTIVO	329
DEPORTIVO	23
DEPORTIVO	253
DEPORTIVO	261
DEPORTIVO	801

El polideportivo se encuentra en una zona de uso urbano discontinuo, en la cual se encuentran tanto equipamientos como suelo residencial. En la zona norte del polideportivo se encuentran las parcelas de uso urbano, mientras que al este del polideportivo se encuentran las parcelas rústicas no urbanizables de uso agrario, de igual forma que en el oeste.

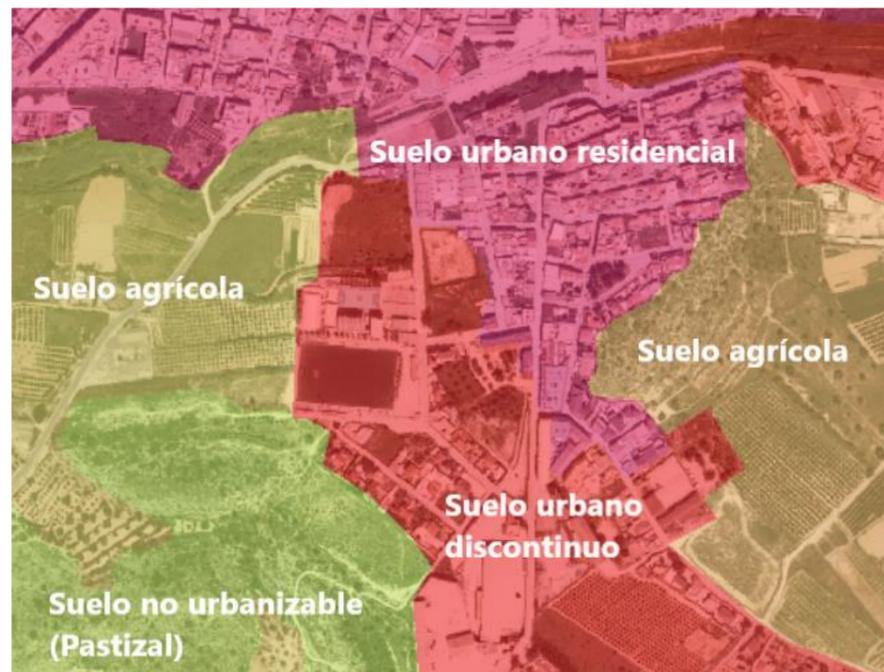


Ilustración 5. Usos del suelo en el municipio de Villamarchante. (Fuente: Instituto Cartográfico Valenciano).

5. Historia del club y situación actual

El Club de Fútbol Villamarxant fue fundado en 1961, actualmente el presidente es David Vicente García Zamora, el director deportivo es Manuel Micó y el entrenador Rafael Puchol.

Desde su fundación el club ha disputado distintas competiciones en la categoría aficionado, a principios de la pasada década se afianzó en la División Preferente Valenciana, logrando un ascenso a tercera división en el año 2019 en la cual se encuentra actualmente. Por lo tanto, el club se encuentra en la época más ambiciosa de su historia pudiendo alcanzar las divisiones de fútbol profesional. Este hecho fomenta un público creciente en el campo así como la necesidad de mejora del terreno de juego y demás instalaciones.

En la división actual del club cabe la posibilidad de disputar competiciones de Copa del Rey contra equipos de primera división, por lo que se pretende un mejor terreno de juego y una imagen más profesional del graderío.

6. Características del campo

Actualmente el campo de fútbol no dispone de graderío debido a los fuertes vientos que derrumbaron la grada sur, la cual era la única grada existente.

Previamente a dichos sucesos el campo disponía de la grada sur la cual tenía unas dimensiones de 96,6 metros de largo en la zona inferior y de 101,5 en la zona superior, donde existe una altura de 2,30 metros.

El graderío sur disponía de tres filas, el aforo oficial comunicado por el club es de 2.000 personas siendo el número de asientos inferior a 600 localidades.

Al no completarse el aforo en los partidos, se pretende construir algo más del doble de los asientos existentes, permitiendo un aforo similar pero en el cual cada uno tenga su propio asiento, propiamente separados entre sí y distribuidos de forma uniforme.

Las dimensiones del terreno de juego son de 92 metros de largo y 61 metros de ancho, por lo cual se encuentra por debajo de las dimensiones reglamentarias para campos de juego de su categoría que tienen unas dimensiones mínimas de 100 metros de longitud y 64 de anchura.

DIMENSIONES DEL CAMPO DE JUEGO SEGÚN NIVELES				
NIVEL	DIMENSIONES (m)			
		Longitud (Líneas de banda)	Anchura (Líneas de meta)	
Competiciones ámbito regional, local, recreativo, cadetes (Sub-16)	Mínimo	90	50	
	Recomendado	100	60	
Competiciones nacionales	Aficionados, Juveniles (Sub-18), Autonómicas	100	60	
	2ª B y 3ª División	Mínimo	100	64
		Recomendado	105	68
	1ª y 2ª División, Campeonato de España, Supercopa, Copa RFEF	105	68	

Ilustración 6. Dimensiones reglamentarias de los campos de juego según la categoría. (Fuente: Consejo Superior de Deportes).

El campo consta de unas bandas laterales de 1,50 metros y 2,5 metros en las líneas de fondo, lo cual cumple el reglamento para tercera y segunda división B.

El actual campo de juego es de césped, dada la categoría actual del club y debido a las necesidad de ampliar las dimensiones se dispondrá el próximo terreno de juego de césped natural con un sistema de regados automáticos.

Esta parte queda fuera del alcance de este proyecto básico cuyo objetivo es la definición de la estructura, no obstante debido a la necesidad de realizar la sustitución del césped de cara a la temporada se considerará que le nuevo terreno de juego se desplazará hacia el sur aprovechándose el espacio ocupado por la anterior grada que fue demolida.

7. Derrumbamiento por tornados y estado actual

El pasado mes de enero de 2020, la zona del municipio de Villamarchante fue afectada por un tornado originado por la borrasca Gloria, lo cual provocó múltiples daños en varias instalaciones municipales.

El tornado se concentró en instalaciones deportivas y mobiliario urbanos, así como farolas y señales de tráfico, quedando otras zonas del municipio intactas.

En concreto, el campo de fútbol Hermanos Albiol, fue fuertemente dañado por el tornado, quedando derrumbada la cubierta de la tribuna así como todo el muro que rodea al estadio. A su vez, los vestuarios sufrieron importantes daños. Los daños originados obligan a quedar la grada inutilizable y buscar una alternativa.

El efecto del temporal se puede apreciar en las siguientes imágenes, presentes también en el apéndice de este documento para ser observadas con mayor facilidad:



Ilustración 7. Estado del muro tras el tornado. (Fuente: Esportsbase media)



Ilustración 8. Estado del campo de fútbol tras el tornado. (Fuente: Infoturia).



Ilustración 9. Estado de la grada tras el tornado. (Fuente: Esportsbase media)

Tras los inconvenientes causados por la borrasca Gloria, los entrenamientos quedaron suspendidos en el campo del Villamarchante hasta que los escombros fueran recogidos. Tras la recogida de estos se retomaron los entrenamientos sin que hubiera aún proyecto de sustitución o reparación de la grada. Tras poco más de un mes después de los sucesos la pandemia por el COVID-19 obligó a la suspensión de todas las competiciones no profesionales (Primera y segunda división española), esto dota de un tiempo indeterminado hasta que los partidos

vuelvan a ser con público, para la realización de obras. Es previsible que hasta después de verano de 2021 no vuelva el público a este tipo de competiciones.

8. Hidrología y clima

En la aplicación SIG del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación existen datos de las estaciones pluviométricas a lo largo de España. En el municipio de Villamarchante hay una estación de tipo termo pluviométrica de clave 8412 en las siguientes coordenadas, cercanas al polideportivo municipal:

Altitud	Latitud	Longitud	Orientación
112	39°34'	00°37'	W

Esta estación tiene recogidos datos de precipitación recogidos durante 16 años, en el período comprendido entre 1961 y 1976 y 15 años de datos de temperatura recogidos durante los años 1961 y 1975.

De las series de datos de los años disponibles se puede obtener una media mensual de la temperatura y de la precipitación, así como la precipitación máxima en 24 horas de cada mes, los datos se han dispuesto en gráficos de barras:

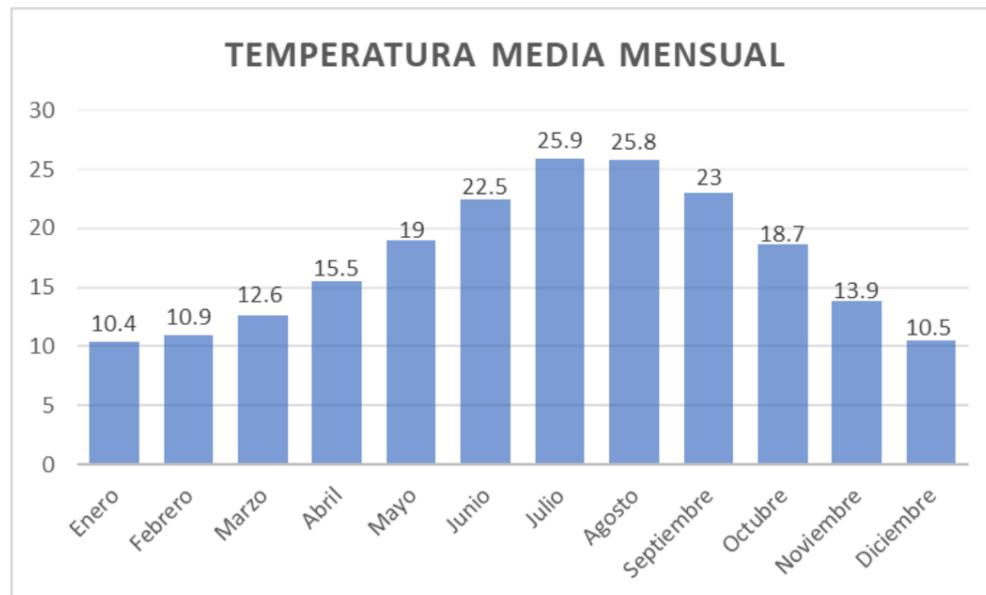


Ilustración 10. Temperatura media mensual en Villamarchante. (Fuente: SIG)

La temperatura media anual es de 17,4 grados centígrados, siendo el mes más caluroso el de Julio con 25,9°C de media, mientras que el mes más frío es el de enero con 10,4°C. Por tanto existe una diferencia de más de 15 grados centígrados de media entre el mes más caluroso y el mes más frío. La temperatura máxima registrada el mes de Julio es de 32,6°C, mientras que la temperatura más fría del mes de enero es de 3,6°C, por lo que la variación es de 29 grados.

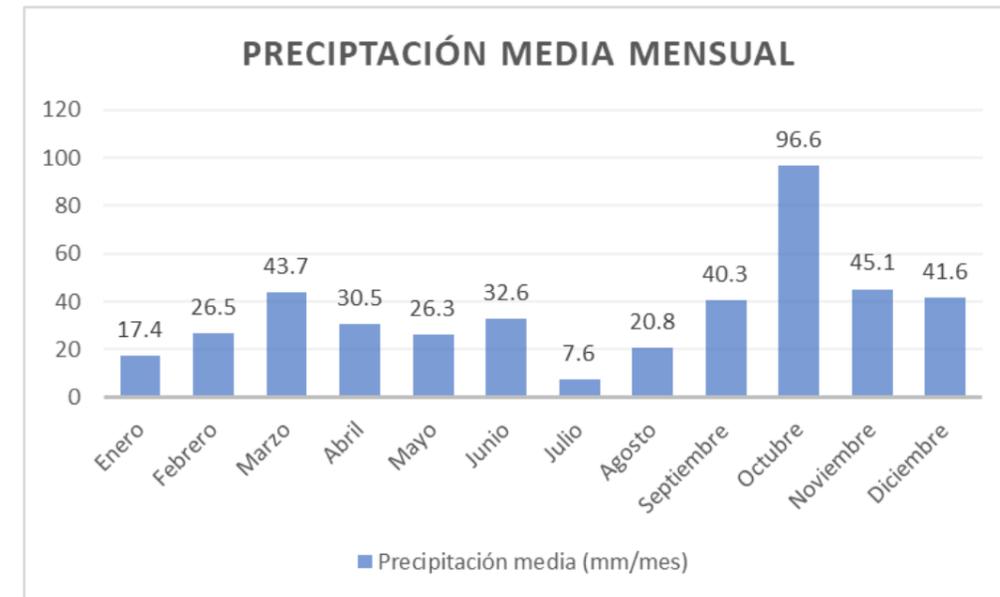


Ilustración 11. Precipitación media mensual en Villamarchante. (Fuente: SIG).

Por lo que se puede extraer del gráfico, el mes con mayor precipitación es el de octubre con 96,6 mm y el de menor el mes de Julio con 8,6 mm. La precipitación media anual registrada en la estación pluviométrica es de 429 milímetros.

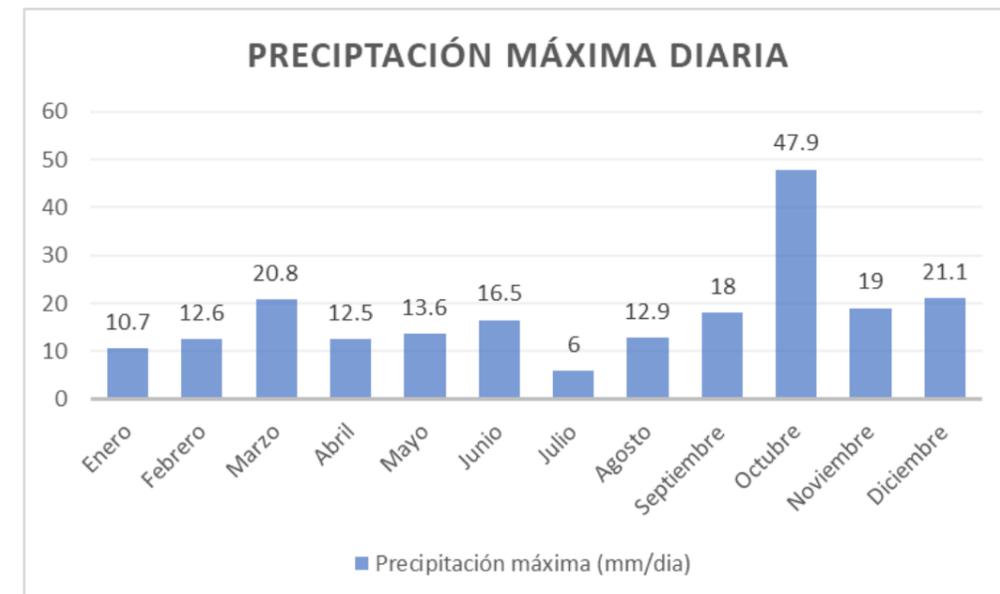


Ilustración 12. Precipitación máxima diaria por meses en Villamarchante. (Fuente: SIG).

La máxima precipitación diaria, durante el período de registros de la estación, se produjo en el mes de octubre con 47,9 milímetros de precipitación en 24 horas, seguido de los meses de diciembre y marzo con 21,1 y 20,8 milímetros diarios respectivamente.

Cabe también, analizar el riesgo de inundación de la zona y la peligrosidad geomorfológica. El riesgo de inundación está calificado en una zona como muy alto y en otra como muy bajo, estando ambas alejadas del polideportivo que es la zona de importancia en este caso, en la cual no existe riesgo de inundación.



Ilustración 13. Riesgo de inundación en la zona del Polideportivo. (Fuente: SIG)

En cuanto a la peligrosidad geomorfológica, existen ciertos lugares de Villamarchante con peligrosidad por vanguardias y barrancos de fondo plano, pero como se puede ver en la siguiente ilustración están lejos de la zona de importancia.



Ilustración 14. Peligrosidad geomorfológica en la Villamarchante. (Fuente: SIG).

9. Conclusión

Tras los daños causados por la borrasca gloria y el derrumbamiento de la anterior grada, localizada al sur del terreno de juego y actualmente fuera de servicio, se propone la construcción de un nuevo graderío localizado al norte del polideportivo que además aloje en su interior los vestuarios que también fueron destruido por el tornado.

Debido a los ascensos de categoría, se propone una grada con un aspecto más profesional en el que cada asistente tenga su asiento propio, con un total aproximado del doble de los asiento existentes en la anterior grada. Además se propone la construcción de una cubierta que cubra la total longitud de la grada dado que la anterior solo cubría una parte.

En este proyecto no se contemplan riesgos de inundación el polideportivo ni peligrosidad geomorfológica como se ha recogido de los datos de SIG.

Este documento sirve de base a los siguientes para el desarrollo de la solución sobre los criterios de diseño que se han citado.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 1: DATOS PREVIOS

APÉNDICE



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 1: DATOS PREVIOS



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos



Ilustración 15. Pueblo de Villamarchante tras el tornado. (Fuente: Prensa local).



ANEJO Nº 1: DATOS PREVIOS



ANEJO Nº 1: DATOS PREVIOS





ANEJO 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

Índice

1. Objeto.....	3
2. Caracterización geológica.....	3
3. Campaña Geotécnica realizada	4
3.1. Sondeo rotativo	4
3.2. Ensayo de penetración dinámica	5
3.3. Ensayo en laboratorio	5
4. Estratigrafía	5
4.1. NIVEL 0: Terreno rellenado, removido, vegetal	5
4.2. Nivel 1: Arenas/Limos con cantos y costras calizas.....	6
5. Agresividad del medio.....	7
6. Recomendaciones de cimentación de la campaña geotécnica.....	7
6.1. Carga de hundimiento.....	7
6.2. Asientos.....	7
7. Elementos de atado.....	8
8. Análisis de la cimentación del graderío.....	8
8.1. Análisis a hundimiento	8
8.2. Asientos.....	9
8.3. Deslizamiento.....	10
8.4. Vuelco.....	10
9. Análisis de la cimentación de la cubierta	10
9.1. Análisis a hundimiento	10
9.2. Asientos.....	11
9.3. Deslizamiento.....	11
9.4. Vuelco.....	11
10. Conclusiones.....	11
APÉNDICE	13
A.1. Cartografía geológica hoja nº695: Liria.....	15
A.2. Ensayo SPT	16
A.3. Propiedades de la litología “Arenas limosas-arcillosas” (profundidad 1,4-2,0 metros)	17
A.4. Propiedades de la litología “Arenas y gravas en matriz limosa” (profundidad 3,0-3,4 metros).....	18



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

1. Objeto

Este Trabajo Final de Máster para la titulación en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos tiene como objeto la construcción de una nueva grada de fútbol para el polideportivo de Villamarchante, localizado en la provincia de Valencia. El proyecto se centra en la realización de una nueva grada norte que albergue los vestuarios y una cubierta que cubra la total longitud del graderío.

En el presente anejo se realiza un estudio geotécnico del subsuelo de la zona partiendo de los datos de una campaña geotécnica realizada para una actuación previa en la misma zona de estudio. Además se hará uso de la Norma de Construcción Sismorresistente.

Finalmente, se planteará la cimentación a adoptar para la estructura.

2. Caracterización geológica

La geología de la zona se pueden encontrar en la página web del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), concretamente, los datos de Villamarchante se encuentran en la Hoja número 695 (Liria) a escala 1:50.000, la cual se muestra en la siguiente ilustración y, con mayor detalle en el apéndice de este documento.

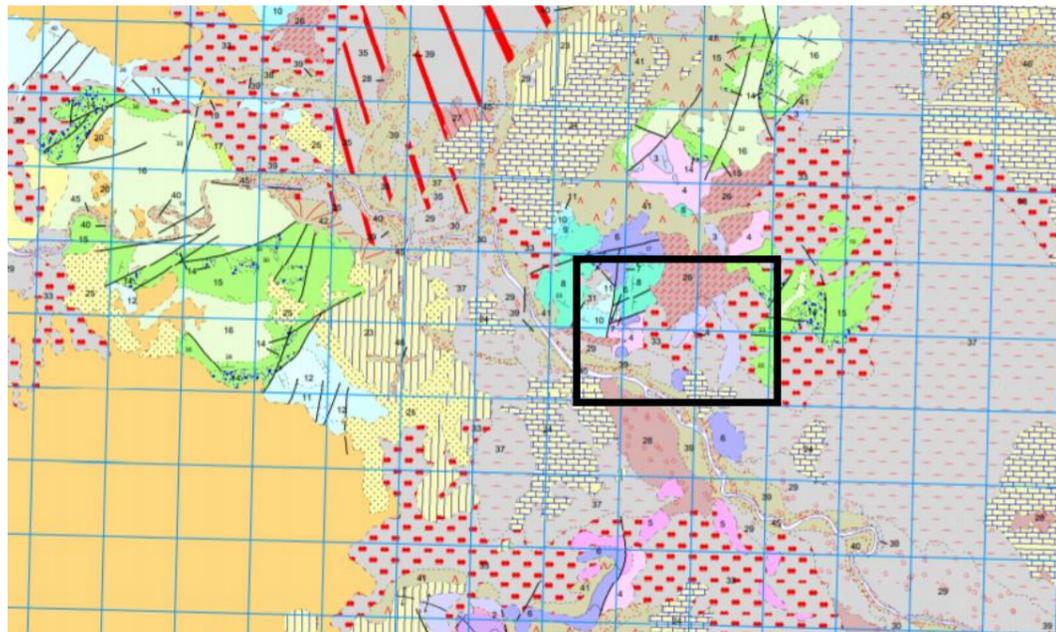


Ilustración 1. Hoja nº 695 Liria. (Fuente: IGME)

El terreno en la zona del polideportivo (enmarcado en la Ilustración 2) se caracteriza por tener una litología de limos de vertiente: limos carbonatados con cantos angulosos, en la siguiente imagen se puede apreciar, perteneciendo la zona de estudio a la unidad cartográfica 33:

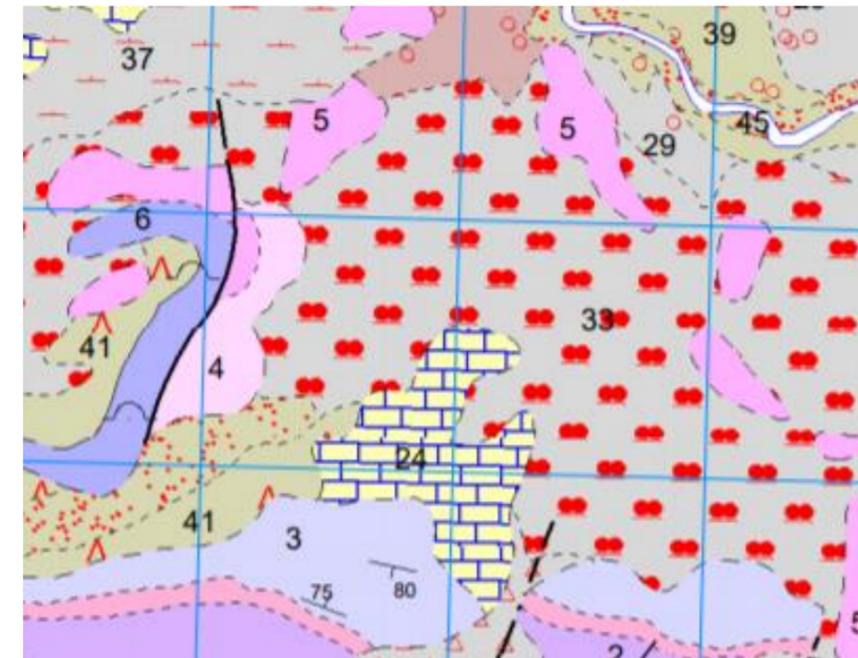


Ilustración 2. Geología de la zona de estudio. (Fuente: Hoja 696 de IGME).

Además de los limos de vertiente en los que se sitúa el polideportivo, la zona está rodeada por otros materiales como son las arcillas abigarradas con yesos Intercalaciones de areniscas rojas localizada al oeste (unidad cartográfica 4), calizas lacustres con tubos de algas al sur (24), dolomías tableadas gris oscuro al noreste (5), arcillas y cantos angulosos por el suroeste (41) y terrazas: arenas, limos y cantos (29).

		LEYENDA					
CUATERNARIO	PLEISTOCENO	HOLOCENO	46	45	44	43	46 ALUVIAL-COLUVIAL. Arcillas arenosas con cantos
		SUPERIOR	40	41	42	39	45 ALUVIAL. Arenas y cantos redondeados
			30	35	34	38	44 FONDO DE RAMBLA. Bloques y cantos subredondeados
			29	32	36	37	43 ELUVIAL. Arcillas arenosas con cantos angulosos
MEDIO	28	27			42 CONO DE DEYECCIÓN RECIENTE. Arcillas rojas con cantos subredondeados		
	26				41 COLUVIÓN RECIENTE. Arcillas y cantos angulosos		
INFERIOR	25				40 TERRAZAS. Arenas, limos y cantos		
TERCIARIO		24				39 TERRAZAS. Arenas, limos y cantos	
		23				38 CAUCE ABANDONADO. Limos arenosos	
						37 LIMOS PARDOS FLUVIALES	
						36 ABANICO ALUVIAL	
						35 GLACIS DE ACUMULACIÓN. Niveles de arcillas y cantos con costras discontinuas	
						34 ARCILLA DE DECALCIFICACIÓN. Arcilla de tonos rojizos pulverulenta	
						33 LIMOS DE VERTIENTE. Limos carbonatados con cantos angulosos	

Ilustración 3. Leyenda de la Hoja nº695. (Fuente: IGME)

De la memoria conocemos que los limos de vertiente de esta categoría son limos rosados ricos en carbonatos y con fragmentos de caliza. Estos se depositan al pie de los relieves montañosos calcáreos y proceden de un paleosuelo que ha sufrido un transporte por arroyamiento difuso.

3. Campaña Geotécnica realizada

Para el estudio se determinó la ejecución un sondeo rotativo y dos penetraciones dinámicas a rechazo, por lo tanto se contó con tres puntos de reconocimiento.



Ilustración 4. Ubicación de los sondeos y penetraciones dinámicas

3.1. Sondeo rotativo

Se efectuó un sondeo rotativo de 6 metros de profundidad con una sonda sobre camión a rotación, con recuperación continua de testigo.

En la Ilustración 5 se expone el mecanismo del sondeo rotativo.

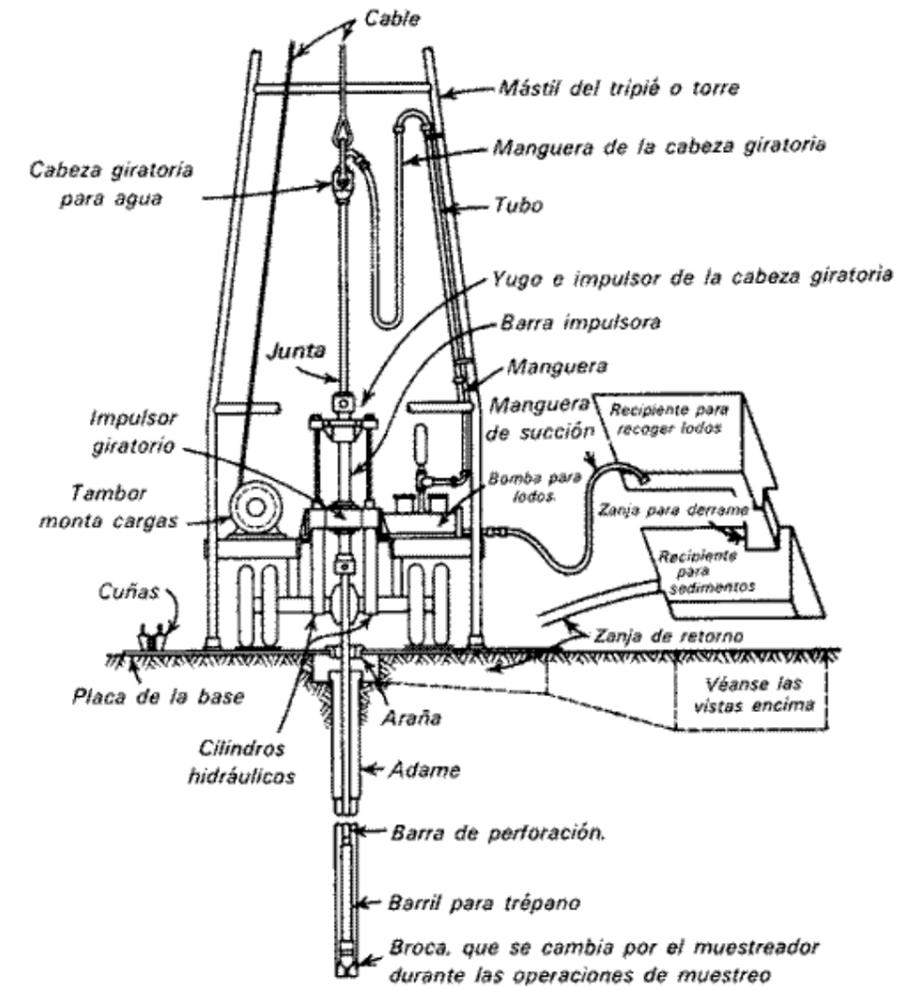


Ilustración 5. Sondeo rotativo (Fuente: CivilDocs)

Durante la ejecución de este se realizaron Ensayos de Penetración Estándar (SPT) para determinar la resistencia del terreno a penetración estándar. Este ensayo consiste en contar el número de golpes son necesarios para hincar 30 centímetros en el terreno un toma muestras hueco bipartido que alberga el terreno atravesado con un diámetro interior de 36,8mm.

En el ensayo se comienza con una hincas de asiento de 15 centímetros y dos hincas posteriores de otros 15 centímetros, siendo el resultado del ensayo la suma de los golpes necesarios para las dos hincas posteriores ($N_{spt}=N_2+N_3$) siendo está la resistencia a penetración estándar. Si en algún intervalo de 15 centímetros, el número de golpes es mayor a 50 el resultado del SPT será rechazo (R).

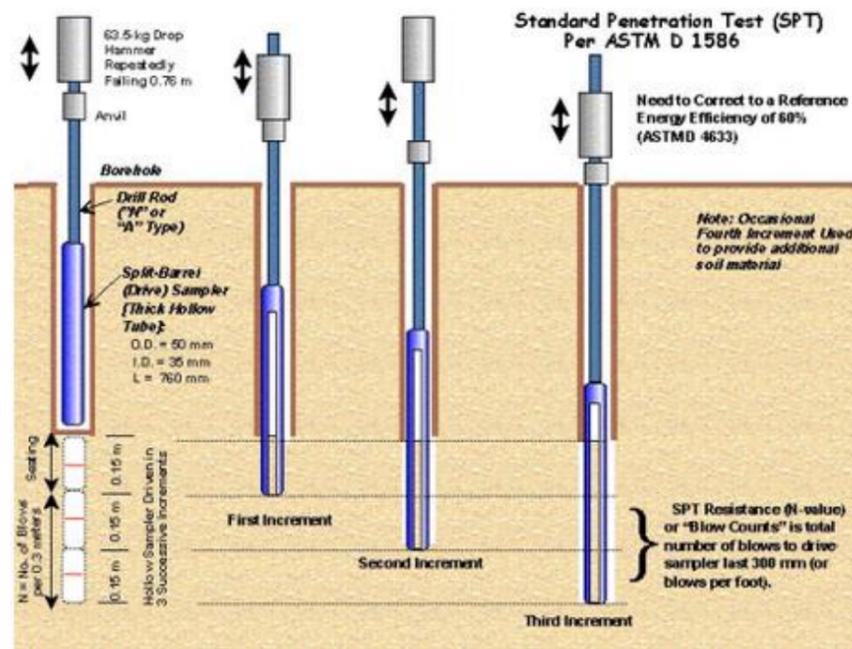


Ilustración 6. Ensayo SPT (Fuente: GeoStru)

En el sondeo realizado (S1) se registraron los golpes en 4 tramos diferentes, obteniéndose los siguientes resultados:

PROFUNDIDAD INICIO	PROFUNDIDAD FIN	RECUPERACIÓN (cm)	GOLPEO
1,40	2,00	60	14-17-22-28 (39)
3,00	3,40	40	24-38-R (R)
3,80	4,20	40	12-18-R (R)
5,40	5,80	40	18-27-R (R)

3.2. Ensayo de penetración dinámica

Se han realizado dos ensayos de penetración dinámica hasta rechazo con resultado de 1 metro (PD1) y 1 metro con 40 centímetros (PD2). Estos ensayos consisten en hincar en el terreno una puntaza perdida de 20 centímetros cuadrados de sección, que es golpeando con una maza que cae desde 76 centímetros y tiene un peso de 63,5 kilogramos.

El resultado del ensayo se calcula con la fórmula de los holandeses:

$$R_d = \frac{M^2 * H}{A * e * (M + P)}$$

Siendo:

R_d: Resistencia convencional dinámica en kg/cm².

M: Peso de la maza en kgs

H: Altura de caída de la maza en cms.

e: Penetración unitaria del penetrómetro con golpe de maza en cms.

P: Peso del varillaje, punta y demás pesos muertos que intervienen en el ensayo

El resultado de este ensayo es un registro continuo sin muestras que se puede apreciar en el apéndice de este documento.

3.3. Ensayo en laboratorio

Las muestras obtenidas en el sondeo rotativo se sometieron a ensayo de laboratorio según la UNE. Para el estudio se realizaron:

- Ensayos de identificación y estado:
 - Análisis granulométrico (UNE 103-101)
 - Determinación de los límites de Atterberg (UNE 103-103, UNE 103-104).
 - Determinación de la humedad natural (UNE 103300:93).
- Ensayos químicos:
 - Determinación del Contenido de sulfatos en suelo. (UNE 83963).

4. Estratigrafía

Tras los ensayos por sondeo rotativo y penetración dinámica se pudo determinar que el perfil del subsuelo está formando por las siguientes unidades geotécnicas:

4.1. NIVEL 0: Terreno rellenado, removido, vegetal

La capa superficial de terreno se determinó mediante el sondeo giratorio realizado a una profundidad entre 0 y 60 centímetros desde la boca del sondeo, se determinó una capa con un espesor que puede ir entre los 40 y los 80 centímetros dependiendo de la zona de actuación.

Este primer nivel se trata de terrenos de aportación reciente, de naturaleza arenosas-limosa algo de arcillas con presencia de cantos, raíces y materia orgánica. La tonalidad de este suelo es marrón oscuro, con baja plasticidad y consistencia floja-blanda.



Ilustración 7. Caja del sondeo giratorio S1. (Fuente: Estudio facilitado)

El ángulo de rozamiento interno de la tierra vegetal es de 25° , de acuerdo al código técnico de edificación, siendo irrelevante su capacidad para la cimentación al tratarse de una tierra de relleno.

Las características del suelo determinadas en el estudio geotécnico fueron las siguientes:

NIVEL 0. TERRENO RELLENADO, TERRENO REMOVIDO, TERRENO VEGETAL

Ángulo de rozamiento efectivo	$\phi' = 25^\circ$
Cohesión efectiva	$c' = 0,00 \text{ kp/cm}^2$
Densidad aparente:	$\gamma = 1.80-2.00 \text{ t/m}^3$
Módulo de Deformación	$E' = 7000-8000 \text{ KPa} = 70-80 \text{ kg/cm}^2$
Permeabilidad	$K = \text{del orden } 10^{-3} - 10^{-5} \text{ m/sg}$

Ilustración 8. Características del Nivel 0. (Fuente Campaña Geotécnica)

4.2. Nivel 1: Arenas/Limos con cantos y costras calizas

La primera capa se caracterizó también con el sondeo giratorio, en el cual se trabajó, extrayendo muestras una profundidad comprendida entre los 60 centímetros y los 6,00 metros, por lo que se trata de una capa de 5 metros con 40 centímetros de espesor.

Este nivel 1 se trata de arenas limosas y limos arenosos algo arcillosos, en los que se han encontrado cantos y cierta costras calizas. La tonalidad es marrón pardo, el suelo presenta una plasticidad prácticamente nula y una compacidad densa.

El suelo se asemeja a un comportamiento granular con cierta cementación y encostramientos, por lo que se produce el rechazo del ensayo de penetración.

A continuación se recogen los resultados de los ensayos en laboratorio:

LITOLÓGIA	PROF. INICIO	PROF. FIN	SPT	Granulometría					
				20	5	2	0,4	0,16	0,08
Arenas limosas-arcillosas	1,40	2,00	39	97,31	96,44	90,85	75,04	58,07	47,62
Arenas y gravas en matriz limosa	3,00	3,40	R	82,56	66,74	58,96	48,85	38,17	30,53
Gravas y arenas en matriz limosa	5,40	5,80	R	93,14	52,51	31,53	21,02	17,14	14,19

LITOLÓGIA	PROF. INICIO	PROF. FIN	Humedad (%)	LL	LP	IP	CLASE
Arenas limosas-arcillosas	1,40	2,00	18,91	22,39	16,29	6,1	SM-SC
Arenas y gravas en matriz limosa	3,00	3,40	8,35	-	-	NP	SM
Gravas y arenas en matriz limosa	5,40	5,80	12,55	-	-	NP	GM

Tras el análisis y el cálculo de los datos disponibles se obtuvieron las siguientes características de la capa:

NIVEL A. ARENAS/LIMOS CON CANTOS Y COSTRAS CALIZAS

Ángulo de rozamiento efectivo	$\phi' = 33-34^\circ$
Cohesión efectiva	$c' = 5-10 \text{ kPa} = 0,05-0.10 \text{ kg/cm}^2$
Densidad aparente:	$\gamma = 19-21 \text{ KN/m}^3 = 1.9-2.10 \text{ t/m}^3$
Módulo de Deformación	$E' = 50000-100000 \text{ KPa} = 500-1000 \text{ kg/cm}^2$
Permeabilidad	$K = \text{del orden de } 10^{-3} - 10^{-5} \text{ m/sg}$

5. Agresividad del medio

El análisis de agresividad al medio se realizó con una muestra con contenido en sulfatos medio de 77mg/kg de suelo seco.

Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		Qa	Qb	Qc
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	VALOR DEL pH, según UNE 83.952	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ /l), según UNE-EN 13.577	15 - 40	40 - 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ /l), según UNE 83.954	15 - 30	30 - 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ /l), según UNE 83.955	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /l), según UNE 83.956	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	RESIDUO SECO (mg/l), según UNE 83.957	75 - 150	50 - 75	< 50
SUELO	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg), según UNE 83.962	> 200	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /kg de suelo seco), según UNE 83.963	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

Ilustración 9. Clasificación de la agresividad química del medio. (Fuente: CTE).

Tras este análisis se determinó que el hormigón a utilizar en la cimentación debe ser de tipo iia.

6. Recomendaciones de cimentación de la campaña geotécnica

La cimentación recomendada para los pilares de esta estructura es una cimentación superficial directa, una zapata con módulo de balasto 45,8 MN/m³

Estas cimentaciones deberán sobrepasar el nivel 0 de terreno rellenado o removido, lo cual no es problema al encontrarse los trabajos a realizar en suelo ya pavimentado. La cimentación deberá empotrarse al menos un metro en el nivel 1.

6.1. Carga de hundimiento

Se recomienda una tensión admisible de $q_{adm} = 2.50 \text{ kp/cm}^2$ (245 KN/m²) para cimentación directa aislada-corrída sobre el nivel A de arenas/limos con cantos y costras calizas a un mínimo de 1.00 metro de profundidad. Obtenido mediante el cálculo de la fórmula:

$$q_{adm} = c_k * N_c * d_c * s_c * i_c * t_c + q_{ok} * N_q * d_q * s_q * i_q * t_q + \frac{1}{2} * B' * \gamma_k * N_\gamma * d_\gamma * s_\gamma * i_\gamma * t_\gamma$$

Siendo:

q_{adm} : Presión admisible de servicio.

q_{ok} : Presión vertical característica alrededor del cimiento al nivel de su base.

c_k : Valor característico de la cohesión del terreno

B : Ancho equivalente del cimiento

γ_k : Peso específico característico del terreno por debajo de la base del cimiento

N_j : Factores de capacidad de carga

d_j, s_j, i_j, t_j : coeficientes correctores de influencia

6.2. Asientos

La condición de hundimiento no garantiza que los asientos sean admisibles para las presiones de trabajo así obtenidas, por lo que se han de comprobar los asientos previstos para cada hipótesis de presión de trabajo.

La Guía de cimentación de edificios establece el cálculo de los asientos para múltiples capas:

$$s = q \sum \frac{H_z * I_z}{Ez}$$

$$I_z = f\left(\frac{L}{B}; \frac{Z}{B}\right)$$

Siendo:

B y L : los lados de la cimentación

s : el movimiento vertical del punto situado a una profundidad z en un semiespacio homogéneo

E : el módulo de elasticidad

Q : la carga transmitida

I_z : coeficiente de influencia

El asiento de un terreno compuesto por n estratos se obtendrá sumando la contribución de cada uno de ellos.

$$s_{total} = \sum s_i$$

Para una hipotética zapata 2x2 cargada a una tensión de diseño de 250KN/m² se obtienen asientos inferiores a 1 centímetro.

7. Elementos de atado

Los elementos de cimentación que transmiten cargas significativas deben enlazarse con los elementos contiguos mediante dispositivos de atado a nivel de zapata, capaces de resistir un esfuerzo axial, tanto de tracción como de compresión, igual a la carga sísmica horizontal transmitida en cada apoyo.

Dado que la NCSE-02 establece que cuando a_c es mayor a 0,16g estos elementos deben ser vigas de hormigón armado, pero en este caso es menor a ello, no es necesario.

Cuando $a_c < 0,16g$ se puede considerar que la solera constituye el elemento de atado, siempre que se sitúe al nivel de las zapatas o apoyado sobre la cara superior, sea continua alrededor del pilar y tenga un espesor no menor de 15 centímetros o 1/50 de la luz de los pilares.

Por tanto en este caso se prescindirá de elementos de atado entre zapatas disponiendo de una solera de 15 centímetros apoyada sobre la cara superior de las zapatas y distribuida de una forma continua.

8. Análisis de la cimentación del graderío

En el Anejo nº 5 "Cálculo estructural" se establecen los esfuerzos de cálculo a los que está sometida la estructura, que en el caso del estado límite último más desfavorable en la cimentación son los siguientes.

	Zapata a	Zapata b
Axil (KN)	200,08	150,42
Cortante (KN)	14,36	18,76
Momento flector (KN.M)	27,03	2,21

8.1. Análisis a hundimiento

A esto se debe añadir la carga propia transmitida por la zapata debido a su peso propio, a una sobrecarga de 5 KN/m² debido a encontrarse en una zona de vestuarios y 1 Kn/m² de solado.

Considerando una zapata de 2x2 como recomienda el estudio geotécnico en la zona con una anchura de 0,6 metros y una capa de 10 centímetros de solado.

La carga transmitida bajo zapata sin considerar el axil es de 94 KN.

Considerando el axil de la zapata a, se tendría una carga transmitida total de 294,08KN

$$Q_{u,a} = \frac{200,08 + 94}{4} = 73,52 \text{ KN/m}^2$$

$$e_a = \frac{27,03}{294,08} = 0,092 < \frac{B}{6} = 0,33 \text{ metros}$$

Por tanto, la resultante pasa por el núcleo central.

Considerando el axil de la zapata b que es la menos desfavorable se tendría una carga transmitida total de 244,42 KN o 61,11 KN/m² si se considerará uniformemente distribuida.

$$Q_{u,b} = \frac{150,42 + 94}{4} = 61,11 \text{ KN/m}^2$$

$$e_b = \frac{2,21}{244,42} = 0,00904 < \frac{B}{6} = 0,33 \text{ metros}$$

Por lo que la resultante pasa también por el núcleo central.

Por tanto, al ser la excentricidad muy cercana al eje del pilar se considera que la carga se transmite al terreno de forma uniforme.

La condición de hundimiento establece que la carga admisible del terreno a la cota de cimentación debe ser superior a la carga que transmitirá la cimentación, se establece un coeficiente de seguridad mayor a 3.

$$F_h = \frac{q_{adm,n}}{q_{u,n}} = \frac{q_{adm} - q_n}{q_u - q_n}$$

La presión admisible se calcula de la siguiente forma:

$$q_{adm} = 8 * N * \frac{st}{25} * \left(1 + \frac{D}{3B}\right) * \left(\frac{B + 0,3}{B}\right)^2$$

Siendo

N el número de golpes medio por tramo del ensayo SPT igual a 39 según los ensayos.

St: el asiento admisible de 1 cm (10mm)

La presión admisible para una zapata 2x2 es de 220,064 KN/m²

$$q_n = \sum Z * \gamma = 1,4 * 20 = \frac{28 \text{ KN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{h,a} = \frac{q_{adm,n}}{q_{u,n}} = \frac{220 - 28}{73,52 - 28} = 4,21 > 3$$

$$F_{h,b} = \frac{q_{adm,n}}{q_{u,n}} = \frac{220 - 28}{61,11 - 28} = 5,8 > 3$$

Para el caso de unas zapatas 1,5x1,5x0,6 tendríamos:

La carga transmitida bajo zapata sin considerar el axil es de 52,9 KN.

Considerando el axil de la zapata a, se tendría una carga transmitida total de:

$$Qu, a = \frac{200,08 + 52,9}{1,5 * 1,5} = 112,43 \text{ KN/m}^2$$

$$ea = \frac{27,03}{200,08 + 52,9} = 0,103 < \frac{B}{6} = 0,33 \text{ metros}$$

Por tanto, la resultante pasa por el núcleo central.

Considerando el axil de la zapata b que es la menos desfavorable se tendría una carga uniformemente distribuida de:

$$Qu, b = \frac{150,42 + 52,9}{1,5 * 1,5} = 90,36 \text{ KN/m}^2$$

$$eb = \frac{2,21}{259,52} = 0,0085 < \frac{B}{6} = 0,33 \text{ metros}$$

Por lo que la resultante pasa también por el núcleo central.

Por tanto, al ser la excentricidad muy cercana al eje del pilar se considera que la carga se transmite al terreno de forma uniforme.

La presión admisible sería de 240 KN/m²

$$Fh, a = \frac{qadm, n}{qu, n} = \frac{240 - 28}{112,43 - 28} = 2,51 < 3$$

$$Fh, b = \frac{qadm, n}{qu, n} = \frac{240 - 28}{90,36 - 28} = 3,4 > 3$$

La zapata tipo B cumple el análisis a hundimiento por lo que se propone una **zapata B 1,5X1,5X0,6**.

Tras otras iteraciones se ha calculado que la zapata A cumple para el siguiente caso, por lo que no se van a exponer los otros intentos en este documento.

Para el caso de unas zapatas 1,7x1,7x0,6 tendríamos:

La carga transmitida bajo zapata sin considerar el axil es de 67,5 KN.

Considerando el axil de la zapata a, se tendría una carga transmitida total de:

$$Qu, a = \frac{200,08 + 67,5}{1,7 * 1,7} = 92,59 \text{ KN/m}^2$$

$$ea = \frac{27,03}{200,08 + 67,5} < \frac{B}{6}$$

Por tanto, la resultante pasa por el núcleo central.

Por tanto, al ser la excentricidad muy cercana al eje del pilar se considera que la carga se transmite al terreno de forma uniforme.

La presión admisible sería de 230,31 KN/m²

$$Fh, a = \frac{qadm, n}{qu, n} = \frac{230 - 28}{92,59 - 28} = 3,12 > 3$$

La zapata tipo B cumple el análisis a hundimiento por lo que se propone una **zapata A 1,7X1,7X0,6**.

Puesto que ambas están localizadas a una profundidad de 1,2 metros aproximadamente, se cumple:

$$D < 5B$$

Por lo que se consideran cimentaciones superficiales.

Además, si se cumple que el vuelo/canto es menor a dos, se considera que se comportan de forma rígida:

$$\frac{\text{vuelo}}{\text{canto}} = \frac{1,5 - 0,3}{0,6} = 1 < 2$$

$$\frac{\text{vuelo}}{\text{canto}} = \frac{1,7 - 0,3}{0,6} = 1,16 < 2$$

Por tanto, se tienen dos zapatas superficiales con comportamiento rígido con las siguientes medidas:

- **ZAPATA A: 1,7X1,57X0,6**
- **ZAPATA B: 1,5X1,5X0,6**

8.2. Asientos

En este apartado se va a calcular el asiento diferencial entre ambas zapatas.

El asiento en cada una de las zapatas se calcula como:

$$s = q \sum \frac{Hz * Iz}{Ez}$$

Se considera un módulo de elasticidad $Ez=73,6 \text{ MN/m}^2$, obtenido del estudio geotécnico.

Este valor se ha obtenido a partir del estudio SPT en la tabla D.24 del CTE-SE- C en el anejo D.

Considerando un módulo de poisson de 0,3.

Hz es el espesor igual a 0,6 metros

El valor de Iz para la cota de cimentación fue calculado en el estudio geotécnico y tiene un valor de 0,58.

$$s, a = 1,92 \text{ mm}$$

$$s, b = 1,84$$

La distorsión angular es aceptable para un valor inferior a 1/300

$$\frac{1,92 - 1,84}{5300} = 0,00035 < 0,0033$$

8.3. Deslizamiento

La comprobación a deslizamiento solo debe realizarse en el caso que:

$$\frac{V}{Q + N} > 0,1$$

En el caso de la zapata A:

$$\frac{14,36}{200,08 + 67,5} = 5,3\% < 10\%$$

Para el caso de la zapata B:

$$\frac{18,76}{150,42 + 52,9} = 9,2\% < 10\%$$

Por tanto, no es necesario realizar comprobaciones del estado límite de deslizamiento.

Cabe destacar, que en un estudio de mayor alcance sería necesario realizar cálculos de esta característica.

8.4. Vuelco

Dado que en ambas zapatas la resultante se encuentra en el núcleo central por amplio margen, se puede prescindir de esta comprobación.

9. Análisis de la cimentación de la cubierta

En el Anejo nº 5 "Cálculo estructural" se establecen los esfuerzos de cálculo a los que está sometida la estructura, que en el caso del estado límite último más desfavorable en la cimentación son los siguientes.

	Zapata c	Zapata d
Axil (KN)	57,66	56,99
Cortante (KN)	0,5	0,5
Momento flector (KN.M)	1,8	1,8

Dadas las similitudes entre los esfuerzos de ambas se va a proceder con los esfuerzos de a zapata d para el cálculo de ambas.

9.1. Análisis a hundimiento

La carga propia transmitida por la zapata debido a su peso propio, a una sobrecarga de 1 KN/m² debido a tratarse de una cubierta no transitable con pendiente menor de 20°.

Considerando una zapata de 1x1 anchura de 0,6 metros.

La carga transmitida bajo zapata sin considerar el axil es de 13,5 KN.

Considerando el axil de la zapata, se tendría una carga transmitida total de 70,5 KN

$$Qu, a = \frac{70,5}{1} = 70,5 \text{ KN/m}^2$$

$$ea = \frac{1,8}{70,5} = 0,0256 < \frac{B}{6} = 0,167 \text{ metros}$$

Por tanto, la resultante pasa por el núcleo central. Al ser la excentricidad muy cercana al eje del pilar se considera que la carga se transmite al terreno de forma uniforme.

La condición de hundimiento establece que la carga admisible del terreno a la cota de cimentación debe ser superior a la carga que transmitirá la cimentación, se establece un coeficiente de seguridad mayor a 3.

$$Fh = \frac{qadm, n}{qu, n} = \frac{qadm - qn}{qu - qn}$$

La presión admisible se calcula de la siguiente forma:

$$qadm = 8 * N * \frac{st}{25} * \left(1 + \frac{D}{3B}\right) * \left(\frac{B + 0,3}{B}\right)^2$$

Siendo

N el número de golpes medio por tramo del ensayo SPT igual a 39 según los ensayos.

St: el asiento admisible de 1 cm (10mm)

La presión admisible para una zapata 1x1 es de 281,216 KN/m²

$$qn = \sum Z * \gamma = 1,4 * 20 = \frac{28KN}{m^2}$$

$$Fh, a = \frac{qadm, n}{qu, n} = \frac{281,2 - 28}{70,5 - 28} = 5,96 > 3$$

Además, si se cumple que el vuelo/canto es menor a dos, se considera que se comportan de forma rígida:

$$\frac{vuelo}{canto} = \frac{1 - 0,3}{0,6} = 0,58 < 2$$

Por tanto, se tienen dos zapatas superficiales con comportamiento rígido y medidas

- **ZAPATA C: 1X1X0,6**
- **ZAPATA D: 1X1X0,6**

9.2. Asientos

En este apartado se va a calcular el asiento diferencial entre ambas zapatas.

El asiento en cada una de las zapatas se calcula como:

$$s = q \sum \frac{Hz * Iz}{Ez}$$

Se considera un módulo de elasticidad $Ez=73,6 \text{ MN/m}^2$, obtenido del estudio geotécnico.

Este valor se ha obtenido a partir del estudio SPT en la tabla D.24 del CTE-SE- C en el anejo D.

Considerando un módulo de poisson de 0,3.

H_z es el espesor igual a 0,6 metros

El valor de I_z para la cota de cimentación fue calculado en el estudio geotécnico y tiene un valor de 0,58.

$$s, a = 1,92mm$$

$$s, b = 1,84$$

La distorsión angular es aceptable para un valor inferior a 1/300

$$\frac{1,92 - 1,84}{3125} = 0,0000256 < 0,0033$$

9.3. Deslizamiento

La comprobación a deslizamiento solo debe realizarse en el caso que:

$$\frac{V}{Q + N} > 0,1$$

En el caso de la zapata A:

$$\frac{0,5}{67} = 0,75\% < 10\%$$

Por tanto, no es necesario realizar comprobaciones del estado límite de deslizamiento.

Cabe destacar, que en un estudio de mayor alcance sería necesario realizar cálculos de esta característica.

9.4. Vuelco

Dado que en ambas zapatas la resultante se encuentra en el núcleo central por amplio margen, se puede prescindir de esta comprobación.

10. Conclusiones

Tras el análisis geotécnico y el diseño de la cimentación no se encuentran riesgos geotécnicos que puedan afectar a la cimentación de la estructura a construir.

La estructura se encuentra en un terreno libre de taludes, desmontes o acantilados, así como de terrenos expansivos o que presenten ripabilidad. con ausencia de nivel freático o riesgos sísmicos de importancia.

La cimentación de los pilares serán zapatas cuadradas con diferentes dimensiones siendo de norte a sur:

- **ZAPATA C: 1X1X0,6**
- **ZAPATA D: 1X1X0,6**
- **ZAPATA A: 1,7X1,7X0,6**
- **ZAPATA B: 1,5X1,5X0,6**

En cuanto a la agresividad química se empleará hormigón tipo IIa para todas las zapatas como se ha establecido en el apartado 5 de este documento.

Los dimensionamientos realizados en este documento sirven de base para el cálculo de la estructura en el anejo 5 "cálculo estructural" en el cual se calculará el armado necesario para estas. En el Plano 6 de este proyecto básico se puede apreciar un plano de la cimentación de la estructura.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

ANEJO Nº 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO

APÉNDICE



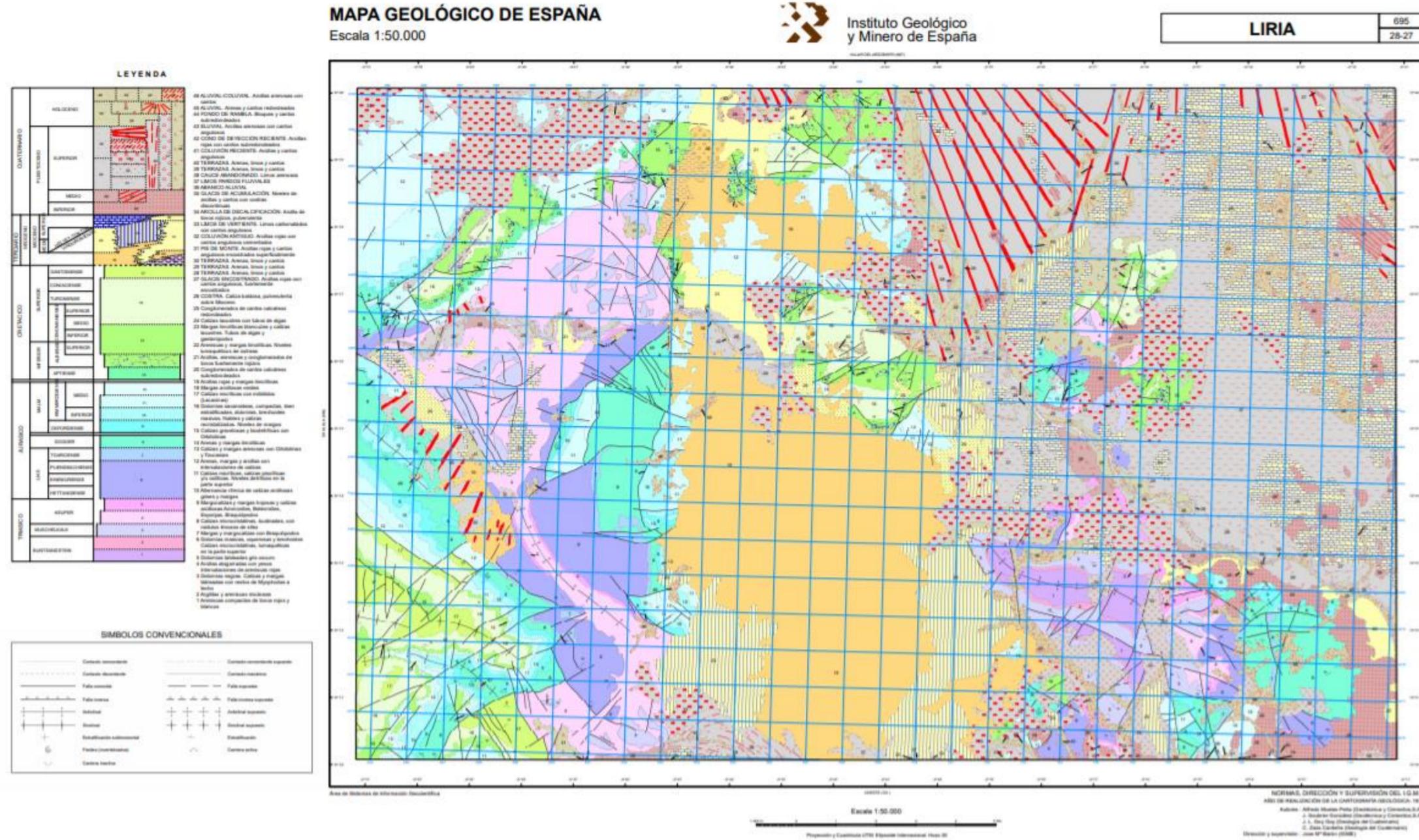
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

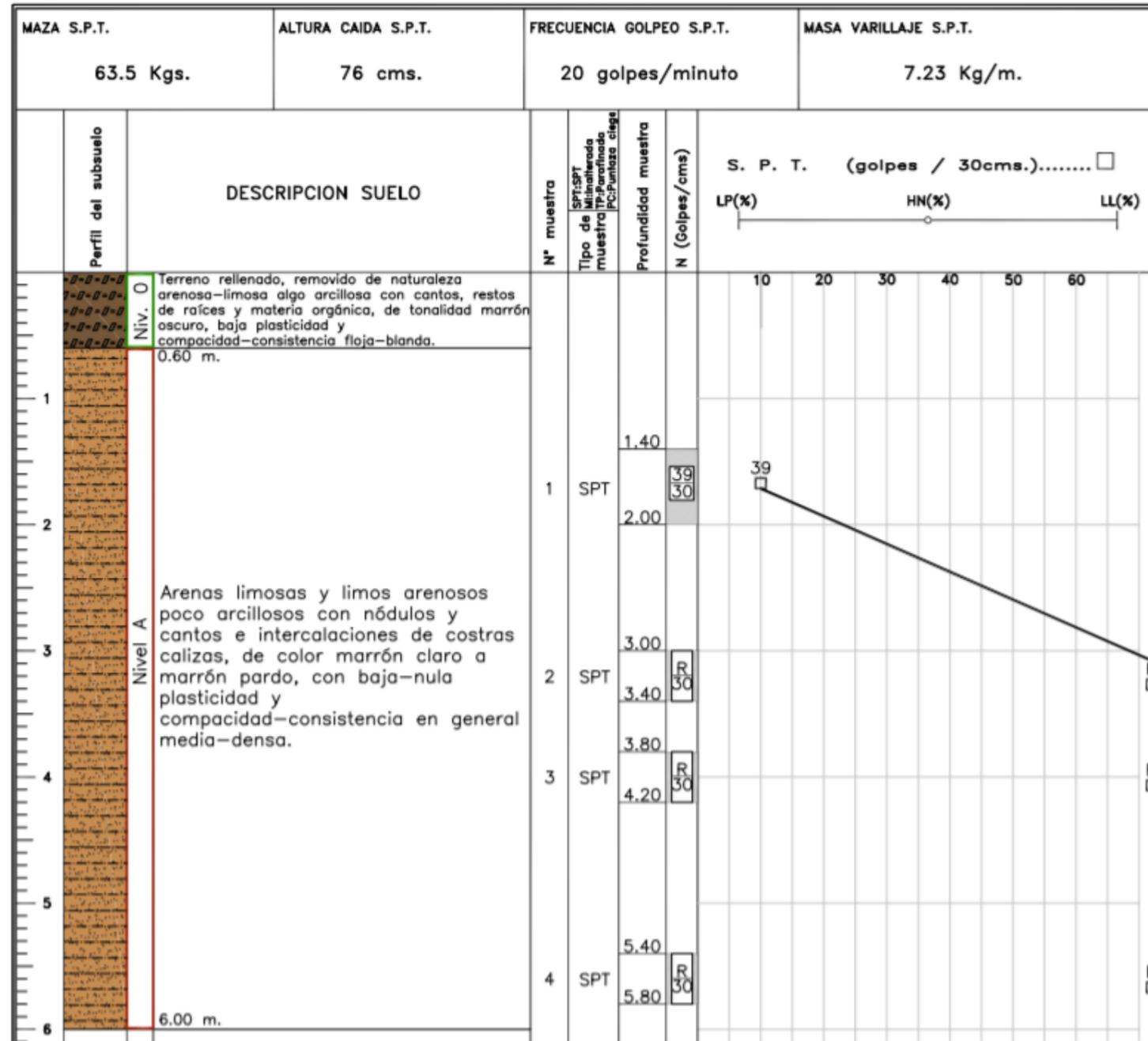
ANEJO Nº 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

A.1. Cartografía geológica hoja nº695: Liria

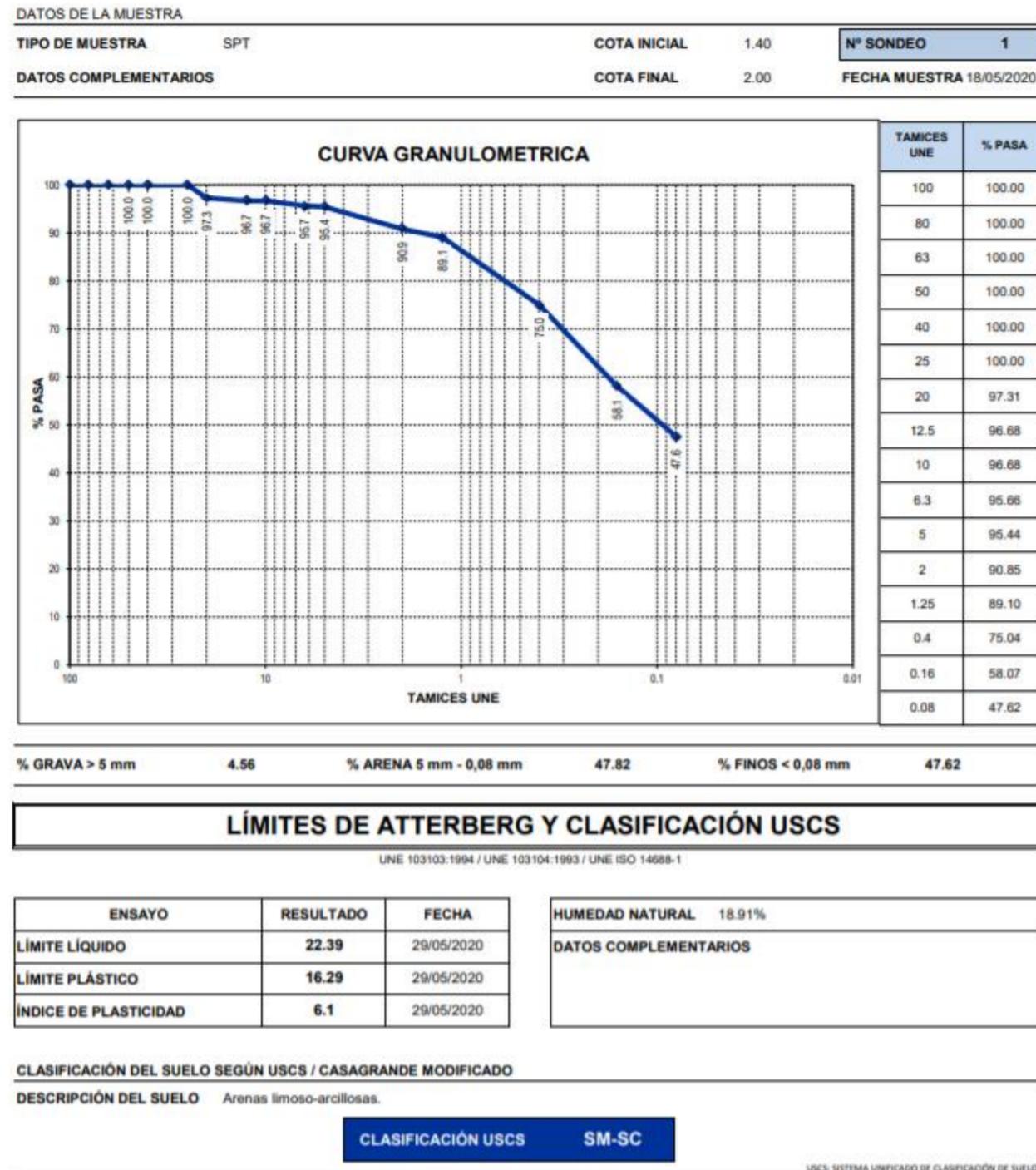






ANEJO Nº 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO

A.3. Propiedades de la litología "Arenas limosas-arcillosas" (profundidad 1,4-2,0 metros)



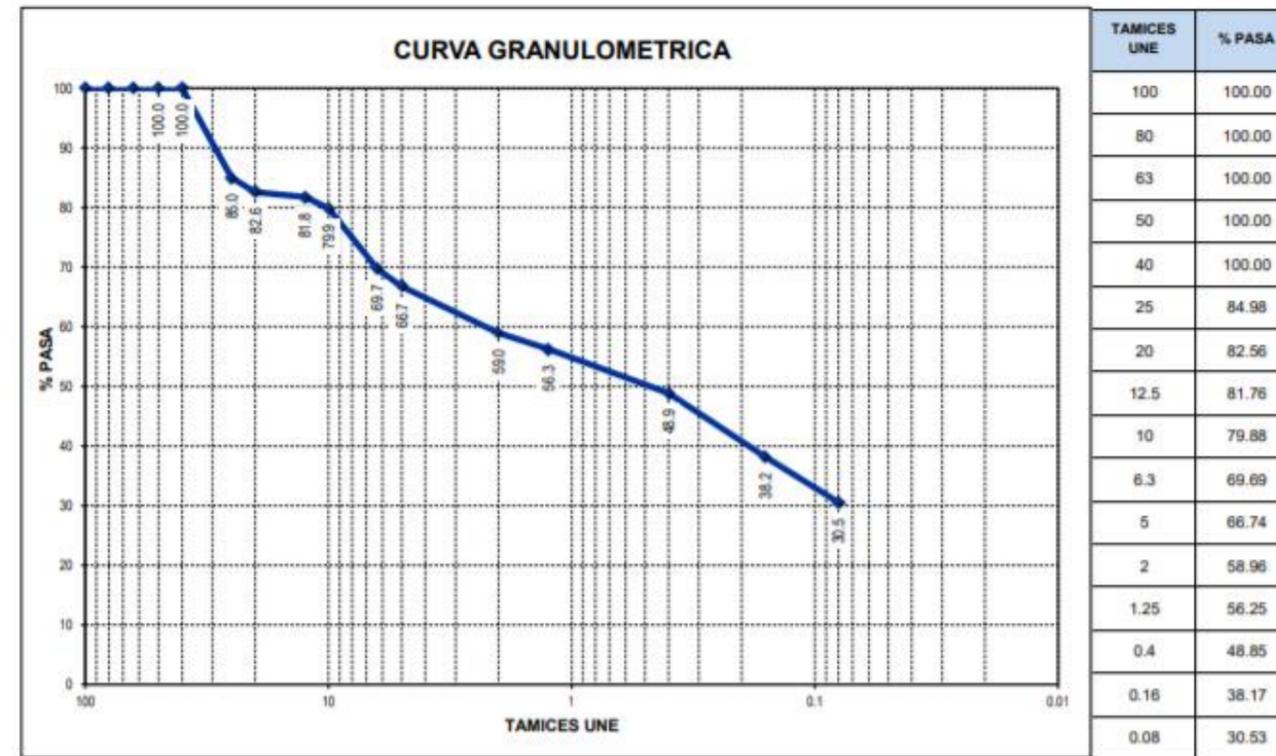


ANEJO Nº 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO

A.4. Propiedades de la litología "Arenas y gravas en matriz limosa" (profundidad 3,0-3,4 metros)

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA	SPT	COTA INICIAL	3.00	Nº SONDEO	1
DATOS COMPLEMENTARIOS		COTA FINAL	3.40	FECHA MUESTRA 18/05/2020	



% GRAVA > 5 mm	33.26	% ARENA 5 mm - 0,08 mm	36.21	% FINOS < 0,08 mm	30.53
----------------	-------	------------------------	-------	-------------------	-------

LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN USCS

UNE 103103:1994 / UNE 103104:1993 / UNE ISO 14688-1

ENSAYO	RESULTADO	FECHA
LÍMITE LÍQUIDO	N/P	29/05/2020
LÍMITE PLÁSTICO	N/P	29/05/2020
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N/P	29/05/2020

HUMEDAD NATURAL	8.35%
DATOS COMPLEMENTARIOS	

CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN USCS / CASAGRANDE MODIFICADO

DESCRIPCIÓN DEL SUELO Arenas limosas con mezcla de gravas.

CLASIFICACIÓN USCS **SM**

USCS: SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

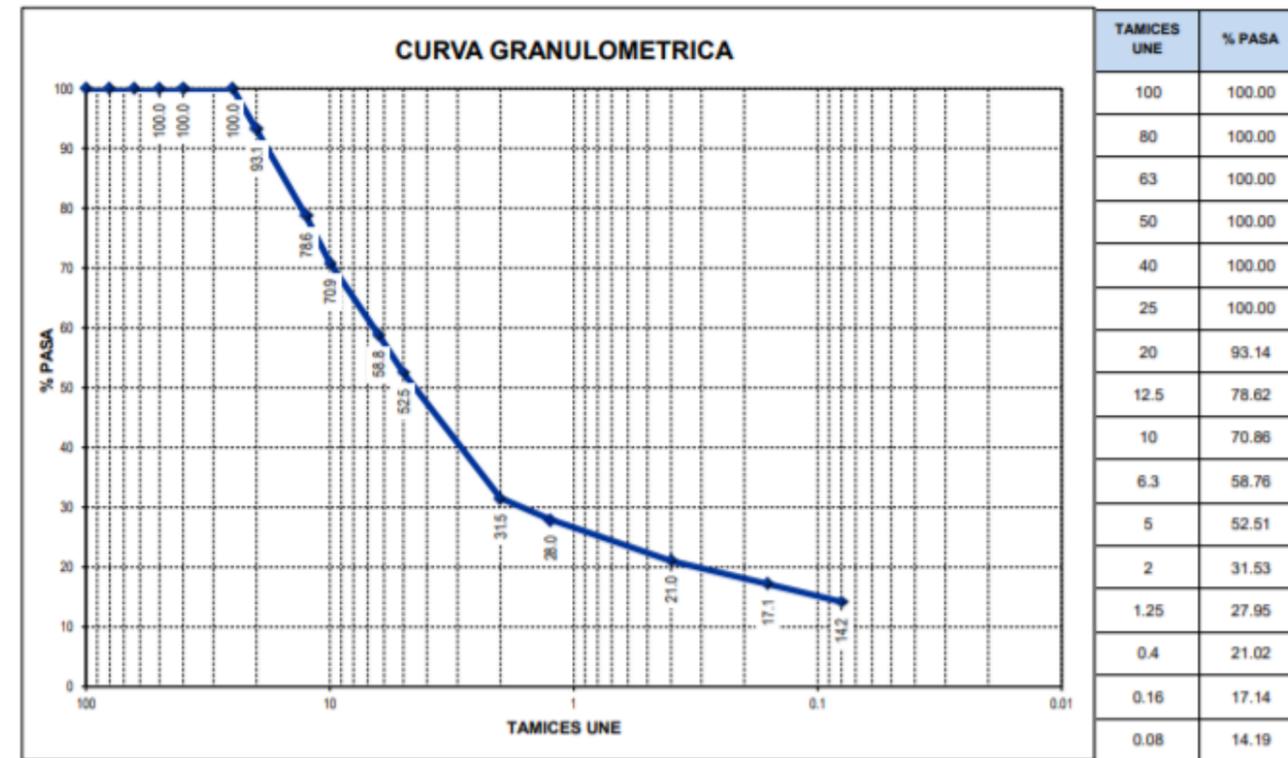


ANEJO Nº 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO

A.5. Propiedades de la litología "Gravas y arenas en matriz limosa" (profundidad 5,4-5,8 metros)

DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA	SPT	COTA INICIAL	5.40	Nº SONDEO	1
DATOS COMPLEMENTARIOS		COTA FINAL	5.80	FECHA MUESTRA	18/05/2020



% GRAVA > 5 mm	47.49	% ARENA 5 mm - 0,08 mm	38.32	% FINOS < 0,08 mm	14.19
----------------	-------	------------------------	-------	-------------------	-------

LÍMITES DE ATTERBERG Y CLASIFICACIÓN USCS

UNE 103103:1994 / UNE 103104:1993 / UNE ISO 14688-1

ENSAYO	RESULTADO	FECHA
LÍMITE LÍQUIDO	N/P	29/05/2020
LÍMITE PLÁSTICO	N/P	29/05/2020
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N/P	29/05/2020

HUMEDAD NATURAL	12.55%
DATOS COMPLEMENTARIOS	

CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN USCS / CASAGRANDE MODIFICADO

DESCRIPCIÓN DEL SUELO Gravas limosas con mezcla de arenas.

CLASIFICACIÓN USCS **GM**

USCS: SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS



ANEJO 3: ESTUDIO DE SOLUCIONES

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 3: ESTUDIO DE SOLUCIONES



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos



Índice

1. Objeto.....	1
2. Motivación de las obras	1
3. Alternativas para el graderío.....	2
4. Factores a tener en cuenta.....	3
5. Vigas gradadas a emplear.....	4
6. Cubierta	5
7. Conclusiones.....	5

1. Objeto

Este Trabajo Final de Máster para la titulación en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos tiene como objeto la construcción de una nueva grada de fútbol para el polideportivo de Villamarchante, localizado en la provincia de Valencia. El proyecto se centra en la realización de una nueva grada norte que albergue los vestuarios y una cubierta que cubra la total longitud del graderío.

En el presente anejo se realiza un estudio de soluciones entre diferentes propuestas para la estructura que determinará la estructura final de la misma.

2. Motivación de las obras

Actualmente, el primer equipo del Vilamarxant Club de Fútbol se encuentra en el auge de su historia deportiva, compitiendo en tercera división y con las esperanzas puestas en subir de categoría en los próximos años. El ascenso a segunda división B proporciona un importante incremento económico en los clubes al considerarse ya fútbol semi profesional. Este hecho propicia que un club con aspiraciones de ascender a una categoría semi profesional y jugar competiciones profesionales, deba cambiar la imagen de su estadio para poder acoger a más público, de una forma más cómoda y con tener un terreno de juego más adaptado a lo que es el fútbol de alto nivel.

Desgraciadamente, pese a las aspiraciones del club un tornado originado en la zona por la borrasca Gloria en enero de 2020, produjo la destrucción de la grada del estadio, además de los muros del recinto y otras instalaciones.

Debido a dicho suceso y a la pandemia mundial por el COVID-19, que paralizó todas las competiciones ha originado que la grada no vuelva a ser utilizada por problemas estructurales. Tras el proyecto existente para reconstruir los muros del estadio se propone la actuación de la construcción de un nuevo graderío en el norte, es decir, en el lado contrario que en el que se encontraba previamente a la destrucción. Este graderío albergará los vestuarios tanto locales como visitantes entre otras instalaciones. Estas actuaciones tendrán en cuenta la sustitución y traslado hacia el sur del terreno de juego.



Ilustración 1. Estado de la grada tras el tornado. (Fuente: Periódico Bandú Ceste).

Previamente a la destrucción la grada constaba de 5 filas de asientos, en las cuales no había uniformidad en la distribución de asientos, habiendo gran escasez de asientos por lo que parte del público se sentaba en el suelo.

Como se puede apreciar en la ilustración 2, en ciertos partidos la grada estaba llena con gente de pie o sentada en el suelo, por lo que se tendrá en cuenta una posible ampliación del aforo anterior para la siguiente grada.

Cabe destacar que no hay ninguna barrera visual para ver el fútbol por detrás de las porterías por lo que hay gente que se sitúa ahí para ver los encuentros.



Ilustración 2. Grada del campo del Vilamarxant C.F. previo a su destrucción (Fuente: Página web del club)

Se dispone de un plano de la situación previa al tornado del polideportivo, donde se aprecia la grada situada al sur, que disponía de una cubierta que fue destruida durante los sucesos de enero.

El terreno de juego tenía unas dimensiones inferiores a las reglamentarias por lo que se aprovechará que hay que sustituirlo por uno de césped natural para desplazar el terreno de juego hacia el sur, así de esta forma habrá más espacio para el nuevo graderío. Además los vestuarios localizados al este del estadio serán retirados para construirse unos nuevos debajo de la nueva grada norte.



Ilustración 3. Situación previa del campo de fútbol. (Fuente: Elaboración propia)

3. Alternativas para el graderío

Debido a la destrucción del anterior graderío, se le da gran importancia a la durabilidad y la resistencia de la estructura creada para la nueva grada. Se propone la construcción de una serie de pórticos que ocupen algo menos del largo total del terreno de juego para facilitar la visión.

Se han contemplado diversas soluciones para el graderío en todas ellas proponiéndose una distribución de gradas con un tramo horizontal de aproximadamente el doble del tramo vertical, en los que los peldaños serán dobles para salvar la altura.

Se propone también dejar dos espacios de 10 metros de largo para los banquillos local y visitante.

Cabe tener en cuenta que la distancia que existirá con las demás infraestructuras es limitado, por lo que cabe optimizar el espacio.

A continuación se proponen una serie de perfiles para la solución de la sección transversal del graderío, se debe tener en cuenta que la estructura representada es orientativa, a modo de croquis, para decidir la solución más idónea en cuanto a espacio y distribución. Por tanto, no se considera el correcto funcionamiento estructural en este croquis planteado y posteriormente se dibujará la estructura más fiel a la realidad de la solución elegida.

La solución más básica es la número 1, en ella toda la grada se encontrará por encima de los vestuarios, alcanzando una altura de unos 3 metros en la zona más próxima al terreno de juego, evitando golpes del balón a la grada, favoreciendo la visión a los jugadores y la diferencia con los banquillos. Esta solución permitiría el acceso de los jugadores directamente desde el vestuario al terreno de juego.

El problema de esta solución es que la capacidad de la grada sería la mínima de todas las soluciones, existiendo una capacidad de 10 personas por cada metro lineal de grada. Otra desventaja es que la accesibilidad es mínima al ser reducido el espacio de distribución de asistentes.

Además esta solución minimizaría la capacidad para albergar vestuarios en su interior.

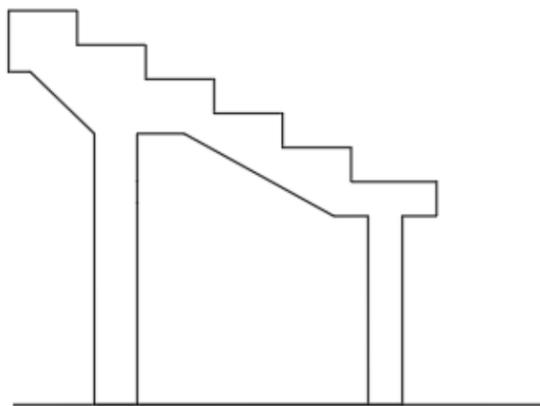


Ilustración 4. Alternativa 1. (Fuente: Elaboración propia)

Las soluciones 2 y 3 son muy similares, la única diferencia reside en el espacio reservado para el tránsito de los espectadores a sus respectivos asientos.

En la solución número dos, este espacio se localiza en la zona superior de la grada, lo que dificultaría el acceso para minusválidos. No obstante, el hecho de que este espacio se localice en la zona superior, impide que los espectadores que se encuentren de pie accediendo o retirándose de su localidad no impidan la visibilidad a los que ya están sentados, debido a que la distribución se realiza por arriba. Además la zona superior se podría reservar para prensa.

En esta solución la grada se encuentra dividida en tramos horizontales de 80 centímetros y tramos verticales de 40 centímetros, salvo en la zona superior, donde se reserva un tramo de 1 metro con 40 centímetros para que exista espacio para el tránsito de personas. La altura del tramo horizontal respecto a la cimentación sería de una distancia que permita una buena y salve la distancia con los banquillos de los equipos. Por tanto, una vez elegida la mejor solución se plantea la posibilidad de que la alternativa elegida sea subterránea.

Esta solución aumenta el aforo a 16 personas por metro lineal de grada lo que es un aumento considerable de un 60% respecto a la solución número 1.

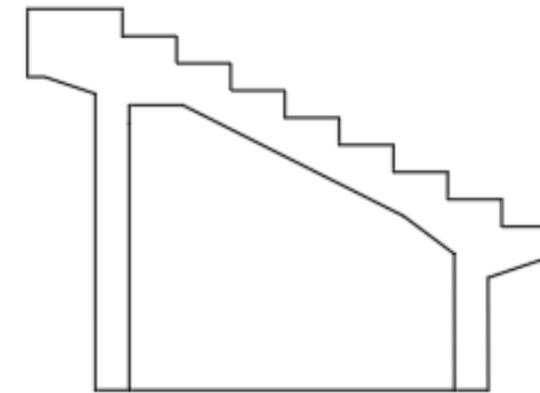


Ilustración 5. Alternativa 2. (Fuente: Elaboración propia)

La tercera solución se diferencia de la segunda en que el espacio para acceder a los asientos se localiza en la zona inferior, lo que facilitaría el acceso a minusválidos. La capacidad de aforo sería la misma y las dimensiones también.

El problema de esta solución recae en la reducción de la visibilidad al levantarse los espectadores y en que los espectadores y que al existir un espacio entre el primer asiento y el límite de la grada se reduciría la visibilidad del partido. No obstante, se considera que este problema es mínimo al respetarse los horarios de partido entre los asistentes.

Se debe tener en cuenta que al ser la única grada del estadio, se pueden asignar espacios en llano, que no estén localizados en la grada tanto para la prensa como para minusválidos. Por lo que sería un factor no tan restrictivo como pueda ser la visibilidad de los espectadores o la comodidad de estos. Además el acceso se podrá salvar con una reducción de cota estando la solución excavada.

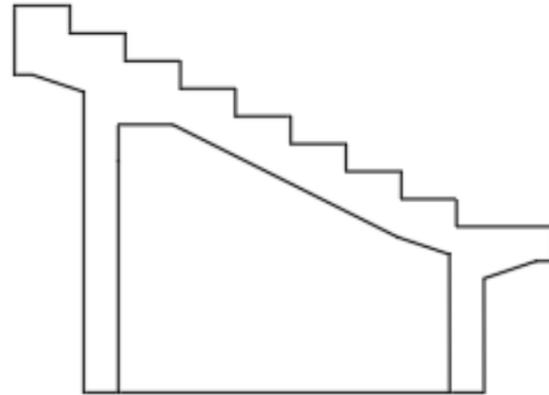


Ilustración 6. Alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia)

La cuarta alternativa es una variante de la alternativa 3, aumentando el voladizo y la luz entre los pilares, que permitiría dotar de un mayor aforo a las gradas, sin reducir el espacio para paso de personas por detrás de la grada, mantendría el espacio de distribución en la zona más baja de la grada facilitando el paso de minusválidos.

El aforo de esta alternativa sería de 24 personas por metro lineal, lo que es una mejora considerable de las anteriores alternativas. No obstante, se considera suficiente con la capacidad de las alternativas descritas anteriormente.

Esta solución necesitaría de un mayor volumen de obra siendo más costosa, además de la necesidad de una mayor longitud de cubierta para que cubra a los asistentes.

Las mayor desventaja de esta solución respecto a las anteriores es el impacto visual en el resto del polideportivo, que produciría una sensación de gran reducción del espacio, además de limitaría el espacio para la instalación de la cubierta.

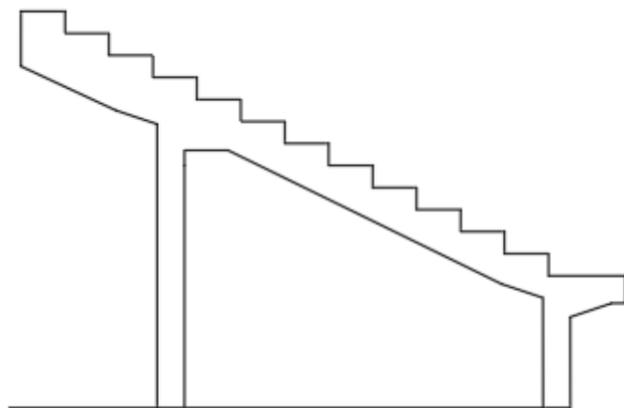


Ilustración 7. Alternativa 4. (Fuente: Elaboración propia)

4. Factores a tener en cuenta

Se va a proceder a realizar un análisis multicriterio en el que se valorarán ciertos criterios a los cuales se le dará distinta importancia en función de las limitaciones que se presentan a la hora de realizar el nuevo graderío:

- El espacio ocupado: Dado que se ha comprobado que las cuatro alternativas son viables no es un factor de gran importancia.
- Accesibilidad: Se tendrá en cuenta la opción que requiera de menor obra para acceder a la grada y minimice el movimiento a los espectadores.
- Visión: se tendrá en cuenta la visión de todos los espectadores por altura y por obstáculos como por el paso de personas.
- Capacidad: El aforo será tenido en cuenta.
- Economía: Se valorará la opción que tenga menor coste.
- Seguridad: Se considerará que alternativa tiene menos riesgos potenciales para los usuarios.
- Sencillez: Se valora positivamente la opción más sencilla de implantar.

Se emplearán factores de ponderación comprendidos de 1 a 3 atendiendo la importancia en orden creciente.

Criterio	Ponderación
Espacio	1
Accesibilidad	3
Visión	2
Capacidad	3
Economía	1
Seguridad	3
Sencillez	1

Las valoraciones de cada criterio para cada alternativa irán desde 1, como valor más bajo, hasta 4 para el valor más alto.

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Espacio	4	2	2	1
Accesibilidad	1	1	4	4
Visión	3	4	2	2
Capacidad	1	3	3	4
Economía	4	3	3	1
Seguridad	2	4	3	1
Sencillez	4	3	3	1

Tras el resultado de la ponderación la calificación de cada alternativa es la siguiente:

Alternativa	Valoración
1	30
2	40
3	42
4	34

Por tanto, se desarrollará la tercera alternativa. Se logra, en primer lugar, una opción que ocupa un espacio reducido permitiendo el cómodo paso de los usuarios entre el graderío y las demás infraestructuras. La solución permite el acceso a las personas, de forma directa a sus respectivos asientos recorriendo la mínima distancia posible, dejando una distancia considerable para el tránsito de personas por el primer peldaño. La visión únicamente se puede ver afectada por el tránsito de personas que se levanten a mitad de partido para abandonar su localidad. La capacidad es junto a la alternativa 2, la más aceptable de las planteadas, aumenta en 6 personas por metro de grada la capacidad actual y se considera que cumple con margen la afluencia a los partidos más importantes del club.

Se considera una alternativa que tiene gran sencillez y por tanto será bastante económica. Además al no existir voladizos y disponer de barandillas se asegura la seguridad de todos los asistentes.

Esta estructura estará formada por pórticos constituidos por dos pilares de distinta altura sobre los que se localizará una viga portagradas sobre la que irán colocadas las gradas.

Las gradas tendrán por tanto las dimensiones establecidas por las vigas gradas elegidas, disponiendo en el tramo inferior de un tramo recto de mayor longitud por donde la gente caminará a sus respectivos asientos, y que podrá ser empleado para que personas en silla de ruedas puedan ver el partido.

Las características y dimensiones de esta grada serán determinadas con mayor exactitud en el ANEJO 4 "Estudio de la solución adoptada". Los elementos se podrán encargar prefabricados a una empresa especializada en el desarrollo de prefabricados para gradas deportivas.

5. Vigas gradas a emplear

Se propone que la totalidad o la mayor parte posible de la estructura del graderío esté conformada por elemento prefabricados.

En España existe una empresa destacada en el prefabricado de gradas que es la empresa Nortén PH, de cuyo catálogo se elegirán una serie de perfiles para establecer las dimensiones de las vigas gradas para esta estructura.

Esta empresa en su catálogo dispone de vigas gradas en L de diferentes longitudes de huella, se tiene la serie GN-80 con 80 centímetros de huella, serie GN-85 con 85 centímetros de huella y serie GN-90 con 90 centímetros de contrahuella.

En el caso de este graderío se pretende optimizar el espacio empleando las vigas de menor huella para así poder disponer de un mayor número de filas para la misma longitud de grada.

El perfil de las vigas gradas de esta serie es el siguiente:

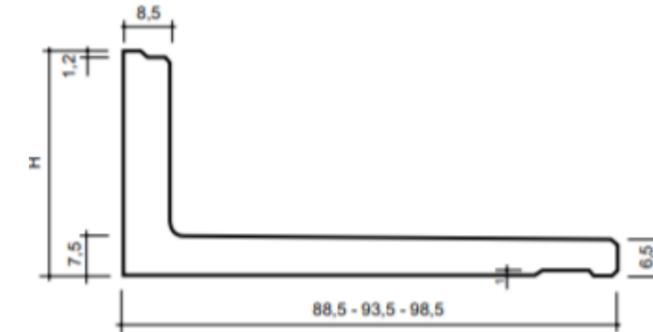


Ilustración 8. Serie GN-80. (Fuente: Nortén PH)

Para la serie de 80 centímetros de huella se producen vigas de distinta contrahuella.

TIPO	CANTO	LONGITUD MÁXIMA
GN-80/40	40	7
GN-80/45	45	7,5
GN-80/50	50	8

Se considera que la grada más uniforme es aquella cuya contrahuella es la mitad de la huella, por tanto se opta por la elección de la viga grada GN-80/40.

Por último se opta además por la serie GN3 que permite unas dimensiones particulares, que sirve para el tramo de pasillo, con una huella de hasta 1 metro y medio y una contrahuella de hasta 108 centímetros, en este caso particular se optaría por una viga de 1,4 metros de huella y 40 centímetros de huella.

SERIE GN3

Grada especial para formación de pasillos, graderíos especiales, cines, etc.
Longitud máxima: 8 mts.
Peso (en 1,20x0,40): 325 Kg./m.l.

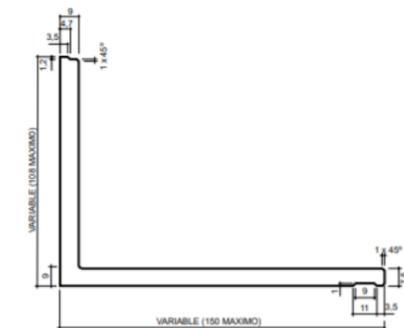


Ilustración 9. Serie GN3. (Fuente: Nortén PH)

6. Cubierta

Para la realización de la cubierta, debido al colapso de la anterior por el efecto del tornado, deberá ser resistente. Además se le da importancia a la estética ya que se quiere mejorar el aspecto del estadio.

El alumno propone resolver la cubierta con una estructura metálica y una cubierta curva auto soportada de chapa metálica. De esta forma el perfil curvo, es capaz de resistir las cargas y transmitirla a los apoyos salvando luces de hasta 13 metros. Además este tipo de cubiertas al carecer de jácenas y correas dispone de una rápida y más sencilla instalación y funciona como una membrana continua.

Con este sistema se conseguiría una reducción del peso de la estructura en comparación con otras estructuras más convencionales, además de una gran durabilidad y estética, dado que estos perfiles tienen una durabilidad estimada de 25 años.

El reducido peso propio de esta cubierta supondrá un ahorro en materiales al transmitir menor carga a los pilares y reduciendo también el tamaño de las zapatas necesarias, lo que permitirá ocupar un menor espacio de obra que es el factor más restrictivo para la realización de esta estructura.

La cubierta dispondrá de pilares independientes a los del graderío, sobre los que se apoyará una viga portante y elementos transversales para darle estabilidad, los cuales se estudiarán en los siguientes anejos.

Se propone una estructura en pendiente de la cubierta situando dos pilares por cada pórtico teniendo uno de ellos mayor altura que el otro.

Para una correcta escorrentía se dispondrá de una cubierta que permita alojar canales que descargarán el agua.

7. Conclusiones

En este documento se establece una propuesta que servirá de base para el desarrollo de la solución adoptada que será descrita en el próximo documento de este trabajo final de máster.

Se propone una estructura aporcionada, con pórticos consecutivos formados por dos pilares y una viga portagrasas, los pórticos irán unidos por vigas gradas de 80 centímetros de contrahuella y 40 centímetros de huella. Se desarrollará la alternativa 3 propuesta en este documento que ha resultado ser la que mejor se adapta a los requisitos propuestos.

Por su parte, el alumno ha realizado una propuesta de cubierta en base a las necesidades existentes.



ANEJO 4: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 4: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

Índice

1. Objeto.....	3
2. Normativa y documentos.....	3
3. Trabajos a realizar.....	3
4. Terreno de juego.....	3
5. Graderío.....	4
5.1. Cimentación.....	4
5.2. Pilares.....	4
5.3. Vigas portagradas.....	5
5.4. Vigas grada.....	5
5.5. Cerramientos.....	6
5.6. Uniones.....	6
5.7. Visibilidad.....	7
5.8. Accesibilidad.....	7
5.8.1. Escaleras exteriores.....	7
5.8.2. Peldaños del graderío.....	7
5.9. Mobiliario.....	8
5.9.1. Asientos.....	8
5.9.2. Barandillas.....	8
6. Cubierta.....	8
6.1. Pilares.....	8
6.2. Vigas.....	9
6.3. Vigas transversales.....	9
6.4. Diagonales.....	9
6.5. Cubierta.....	9
7. Instalaciones.....	10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 4: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

1. Objeto

Este Trabajo Final de Máster para la titulación Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos tiene como objeto la construcción de la nueva estructura de la grada para el campo de fútbol del polideportivo de Villamarchante, localizado en la provincia de Valencia. El proyecto se centra en la realización de una nueva grada norte que albergue los vestuarios debajo del esta y una cubierta que cubra la total longitud del graderío.

El presente anejo trata el desarrollo de la solución adoptada, describiendo los elementos que darán lugar a la estructura final.

2. Normativa y documentos

- Código Técnico de Edificación.
- Catálogo de vigas prefabricadas de Norte PH.
- Catálogo Gilva S.A.
- Catálogo Daplast.
- Catálogo de Peikko S.L.U.

3. Trabajos a realizar

Tras el efecto del tornado que afectó a la Villamarchante el pasado mes de enero, la grada del campo de fútbol se encuentra fuera de servicio y parcialmente destruida, en este proyecto básico se propone la demolición de la grada sur que se encuentra fuera de servicio y la construcción de una nueva grada localizada al norte del campo de fútbol.

En este documento se describirá por separado el diseño de un nuevo graderío y de una cubierta debido a que se procederá a su realización como estructuras independientes.

4. Terreno de juego

Actualmente, tras los sucesivos ascensos de categoría logrados por el club, el terreno de juego del polideportivo no cumple las dimensiones reglamentarias para la competición en su categoría.

Las divisiones reglamentarias para las respectivas categorías, según los datos proporcionados por el Consejo Superior de Deporte se recoge en la siguiente tabla, según la cual el terreno de juego debería tener unas dimensiones de 100 metros de largo y 60 metros de ancho, pudiéndose variar esta dimensión entre lo 50 y los 65 metros.

NIVELES		LONGITUDES			ANCHURAS		
		MIN	IDÓNEO	MÁX	MIN	IDÓNEO	MÁX
COMPETICIONES NACIONALES	JUVENILES	-	90	-	45	50	60
	AFICIONADOS	-	100	-	50	60	65
	2ª DIVISIÓN	100	100	105	60	63	66
1ª DIVISIÓN Y COMPETICIONES INTERNACIONALES		100	105	110	64	68	75

Por su parte, las dimensiones de las bandas exteriores en el fondo del terreno de juego así como en los laterales se recoge en la siguiente tabla con datos facilitados por el Consejo Superior de Deportes:

NIVELES		FONDO	LATERALES
COMPETICIONES NACIONALES	JUVENILES	2,50	1,5
	AFICIONADOS	2,30	1,5
	2ª DIVISIÓN	3,00	2,00
1ª DIVISIÓN Y COMPETICIONES INTERNACIONALES		4,00	2,50

En la ilustración 3 se pueden ver las dimensiones actuales del terreno de juego, que son de 61 metros de ancho y 92,20 metros de largo. Al existir espacio suficiente para ampliar el campo hacia el sur debido a la retirada de la grada sur que fue derrumbada se propone una ampliación del terreno de juego hacia el sur y con la nueva grada construida en el norte.

Por tanto, se aprovechará la necesidad de ampliación de campo y las obras a realizar para implantar un terreno de césped natural apto para la competición profesional. El estudio de esta nuevo terreno de juego queda fuera del alcance de este proyecto básico.

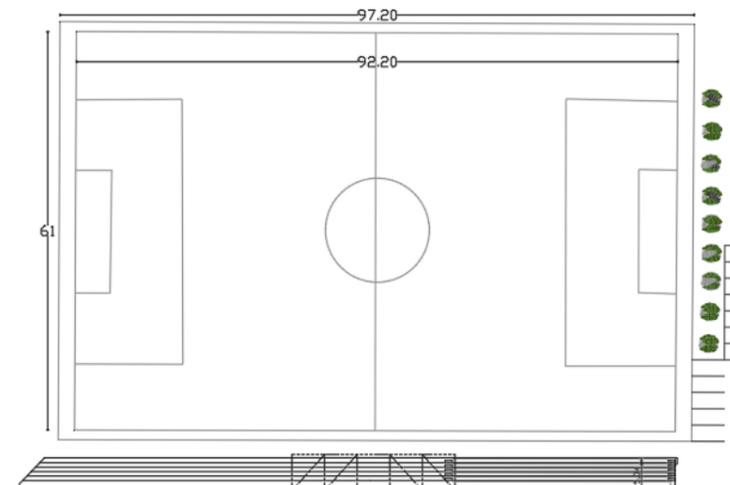


Ilustración 1. Dimensiones del terreno de juego actual. (Fuente: elaboración propia).

El nuevo terreno de juego de césped natural cumplirá las normas de FIFA desde tercera a segunda división con unas dimensiones de 64 metros de ancho y 100 de largo con unas bandas laterales de 1,50 metros y frontales de 2,50 metros, como se muestra en la ilustración 4.

Por tanto, las dimensiones del terreno sería de 105x67 metros en los que se debería hacer un movimiento de tierras para instalar el césped natural, lo que son 7.035 metros cuadrados.

La obra para la instalación del nuevo terreno de juego queda fuera del alcance de este proyecto básico, siendo necesario únicamente conocer las dimensiones y la ubicación de este para el diseño de la estructura.

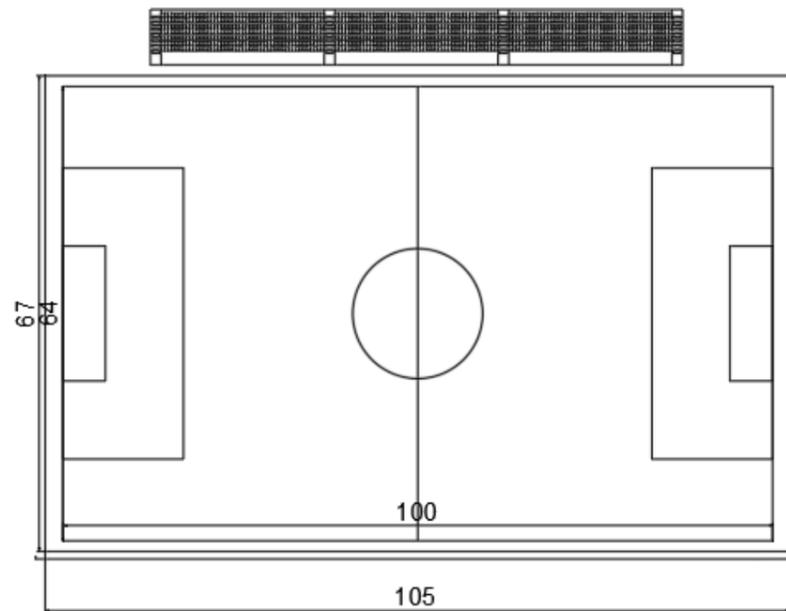


Ilustración 2. Medidas del terreno de juego a implantar. (Fuente: elaboración propia).

5. Graderío

La estructura de la grada está formada por 12 pórticos en serie separados cada 6,75 metros. Estos pórticos están formados por dos pilares y una viga como se muestra en la ilustración 5.

Estos pórticos se conectarán entre sí mediante vigas grada prefabricadas que darán lugar a la estructura final del graderío. Se tomará de ejemplo las vigas en L de la empresa Norton PH, esta empresa emplea un hormigón de resistencia de 35 N/mm², HA-35 y un acero de resistencia 500 N/mm² (B-500S)

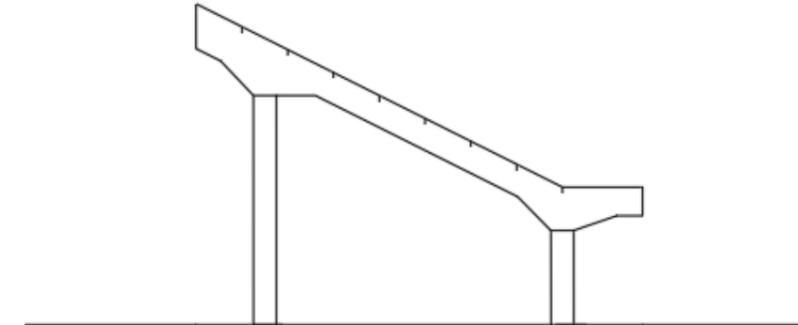


Ilustración 3. Pórticos de la estructura del graderío. (Fuente: elaboración propia).

5.1. Cimentación

La cimentación de los pilares que forman los pórticos deberá sobrepasar al menos 1 metro en el nivel de terreno formado por arenas/limos con cantos y costras calizas (Anejo 2: "Estudio Geotécnico"). Este terreno se encuentra a una profundidad de entre 0,60 y 6 metros.

El hormigón empleado para las zapatas será de clase iia como se ha establecido en el estudio geotécnico.

Para los pilares tipo A que como se describirá a continuación son los de mayor altura, se precisarán zapatas aisladas de 1,7x1,7 metros mientras que para los pilares tipo B estas serán de 1,5x1,5 metros siendo el espesor en ambas de 60 centímetros. Por su parte los pilares de la estructura metálica (C y D) de la cubierta se apoyarán de unas zapatas de 1x1.

5.2. Pilares

Los pilares se han diseñado con una sección cuadrada de 40 x 40 centímetros y una altura de 4,5 para los pilares tipo A y 2,15 metros para los pilares tipo B, existiendo 4,80 metros de distancia entre ellos.

El material de estos pilares es un hormigón armado HA-35. Estos pilares transmiten la carga recibida por la viga portagradas a la cimentación.

Los pilares se modelarán en el programa SAP 2000 con sus respectivas propiedades, en la siguiente ilustración se pueden apreciar los pilares de tres pórticos consecutivos.

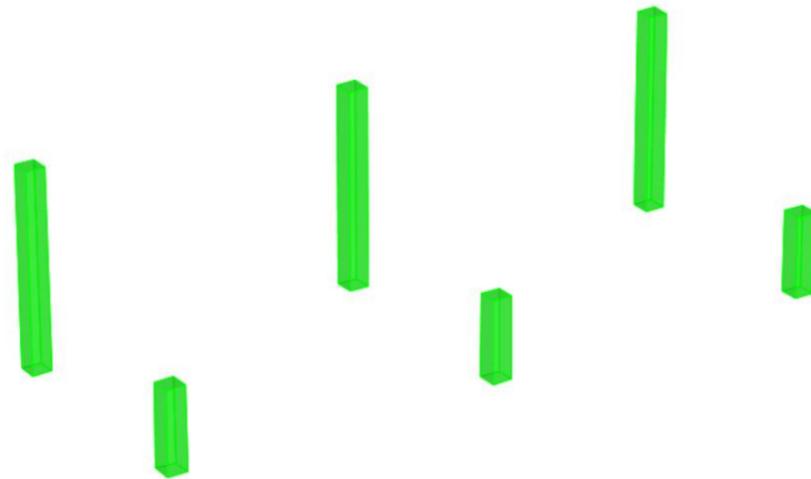


Ilustración 4. Pilares de tres pórticos consecutivos en SAP2000 (Fuente: Elaboración propia).

5.3. Vigas portagradas

Las vigas porta gradas se situarán sobre los pilares y tendrán un canto variable teniendo una estructura acartelada en los apoyos en los pilares. La viga portagradas mantendrá una pendiente constante hasta el tramo horizontal del voladizo en el que se sitúa el pasillo para el acceso de los espectadores a sus respectivos asientos, de 1 metro y 40 centímetros de longitud.

Cabe destacar que será preciso disponer de 9 hendiduras para encajar las vigas en L que darán lugar al graderío.

La viga tendrá un total de 5 cambios de sección que se muestran en la siguiente tabla:

Sección inicial	Sección final	Longitud
78x50	110x50	1,06
110x50	56x50	1,23
56x50	56x50	3,93
56x50	86x50	0,59
86x50	76x50	0,28
76x50	76x50	0,25
76x50	50x50	1,15

Las vigas portagradas al igual que los pilares son de hormigón armado HA-35 y tienen un espesor de 50 centímetros, teniendo un área de 5,17 metros cuadrados y 2,81 metros cúbicos cada una. La longitud total de la misma es de 8,5 metros.

En la siguiente ilustración (ilustración 7) se muestran dos pórticos consecutivos con las viga apoyada en los pilares:

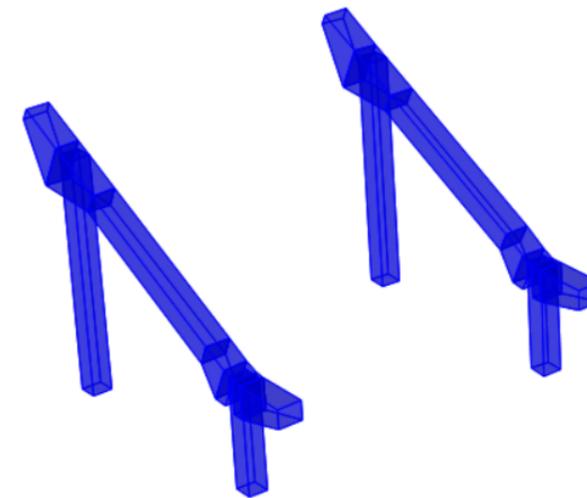


Ilustración 5. Dos pórticos consecutivos en SAP 2000 (Fuente: elaboración propia).

5.4. Vigas grada

Las vigas gradas serán encargadas prefabricadas a una de las distintas empresas que se dedican a este sector, en este caso como se ha explicado anteriormente se tomará de ejemplo la empresa de prefabricados Nortén PH.

El graderío que se busca construir dispone de 80 centímetros de huella y 40 centímetros de contrahuella, que serán salvados con peldaños, reduciendo la contrahuella a la mitad. Las vigas gradas que se adaptan a estas medidas son las del tipo GN-80/40, cuyas dimensiones se muestran en la ilustración 8.

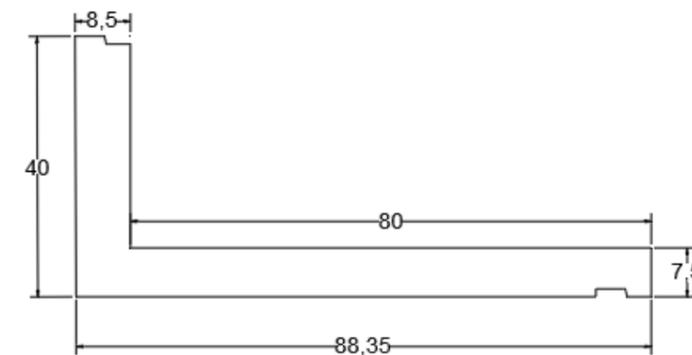


Ilustración 6. Dimensiones de vigas grada serie GN80. (Fuente: Elaboración propia)

El tipo GN-80/40 dispone de vigas en L de hormigón armado HA-35 con barras de acero B-500S.

La longitud máxima es de 7 metros, para este caso se precisa de vigas que tengan 6,75 metros de longitud a excepción de las localizadas en los extremos que tendrán una longitud de 7 metros. El peso de las vigas será de 220 kilogramos por metro.

En el caso del tramos inferior se encargará una viga con dichas dimensiones a la misma empresa, la cual aparece en el catálogo como serie GN3 y se encarga a medida, en este caso se dispondrá de una huella de 140 centímetros y contrahuella de 40 centímetros.

El resultado de las vigas gradas sobre el resto de la estructura se puede observar en la ilustración 9.

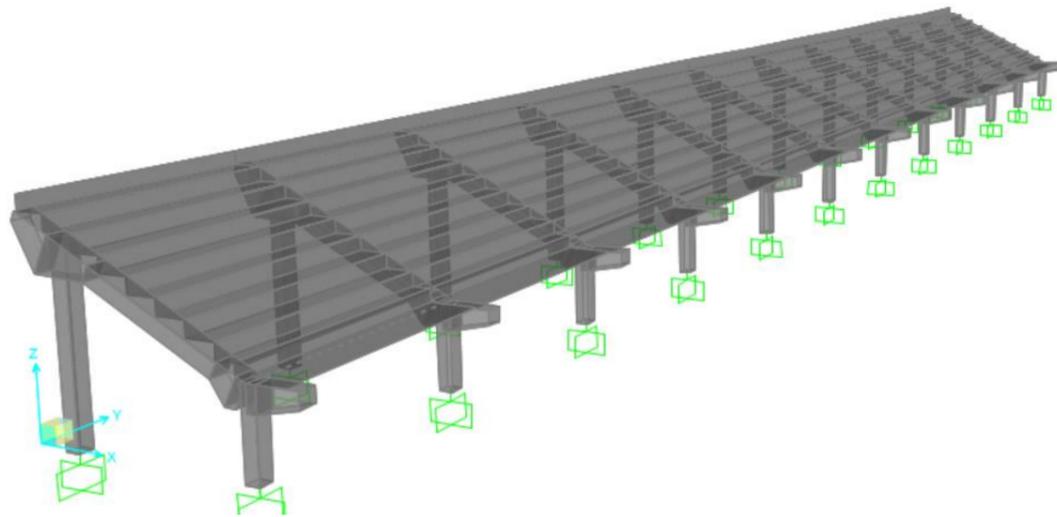


Ilustración 7. Vigas grada sobre los pórticos. (Fuente: (elaboración Propia).

5.5. Cerramientos

Los cerramientos se realizarán con paneles aislados de hormigón armado de 15 centímetros de espesor que permitirán el cerramiento de toda la grada en sus distintos costados, además permitirá una salida de los jugadores al terreno de juego a modo de túnel de vestuarios, dejando un tramo abierto entre los pórticos intermedios.

Se encargarán paneles de 1,2 metros de anchura y hasta 8,5 metros de largo. Pudiéndose disponer de paneles de dimensiones especiales para remates. Para las uniones entre ellos disponen de muescas que permitan la instalación.

5.6. Uniones

A la hora del montaje de los elementos prefabricados, todos ellos irán unidos por uniones atornilladas.

Los elementos prefabricados dispondrán de barras corrugadas de acero B-500S, que disponen además de las corrugas de un cabezal atornillable. Por tanto, los elementos prefabricados irán unidos entre sí en las esquinas en las que estén en contacto.

En el caso de la conexión con la cimentación, se dispondrá en la cimentación de barras corrugadas a modo de tornillos de 40 centímetros de longitud y 32 milímetros de diámetro, los cuales se insertarán en las piezas adaptable a ese diámetro que se instalan en el pie del pilar para que la pieza quede perfectamente unida a su cimentación.

Para su instalación se colocarán los tornillos previamente a hormigonar la zapata, tras el hormigonado se colocará el pilar con los pie del pilar instalado en el interior, esta es la pieza que dispone de los huecos adaptables al diámetros de las barras quedando mutuamente atornilladas mediante tuercas y arandelas. Se dispondrá de 4 tornillos por zapata y 4 pies por pilar. Esta unión se deberá rellenar con mortero antes de entrar en carga. El resultado se muestra en la siguiente ilustración:

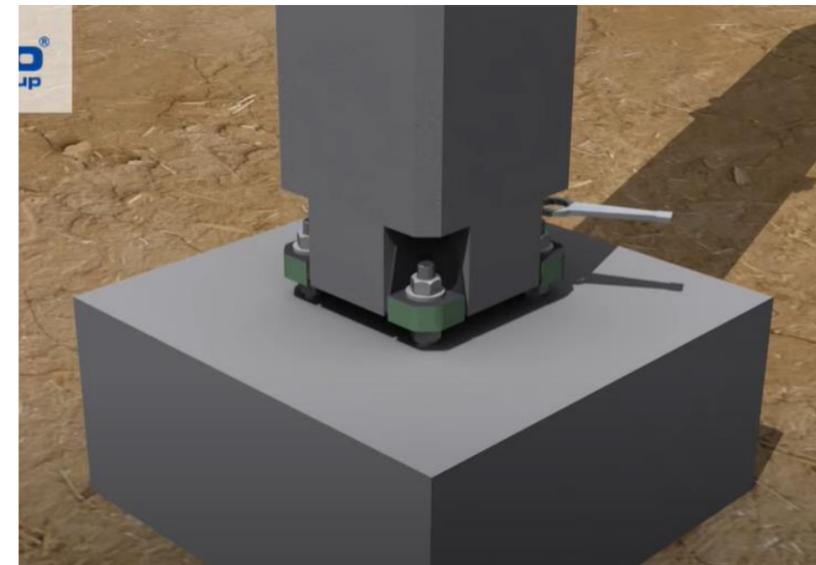


Ilustración 8. Unión pilar-cimentación mediante pies de pilar. (Fuente: Canal de Youtube de Peikko)

Los tornillos deberán estar 10 centímetros por encima de la base de la zapata y separados un mínimo de 13 centímetros entre sí. Los mismos se introducirán 350 milímetros en la zapata.

La unión entre pilares y viga portagradas se realizará mediante acoples de encaje localizados en la viga a la altura de donde se va a unir con el pilar, estos anclajes son armaduras de anclaje con roscas. En los pilares se localizará un pie de anclaje, realizándose la unión llevando la viga al pilar y apretando las tuercas entre ambos. Será suficiente disponer 4 pies en cada pilar. Analizando los distintos tamaños que ofrecen las empresas se opta por el pie de anclaje HPKM 16 de la empresa Peikko, mientras que el acople de encaje que se adapta a esta pieza es el modelo COPRA 16H. Para estas uniones se empleará mortero Grout.

Por su parte las vigas grada se atornillarán a una pie de la viga portagradas con unos tornillos de rosca que vienen directamente instalados en las vigas grada.

Los cerramientos se unirán entre sí mediante muescas y por uniones atornilladas a los pilares.

Los resultados de las uniones se pueden apreciar en el plano 9 de este proyecto.

5.7. Visibilidad

Para el cálculo del alcance mínimo de visión de un espectador, en línea recta se realiza un croquis en el que la visión de los espectadores deben salvar la cabeza del espectador que tienen delante.

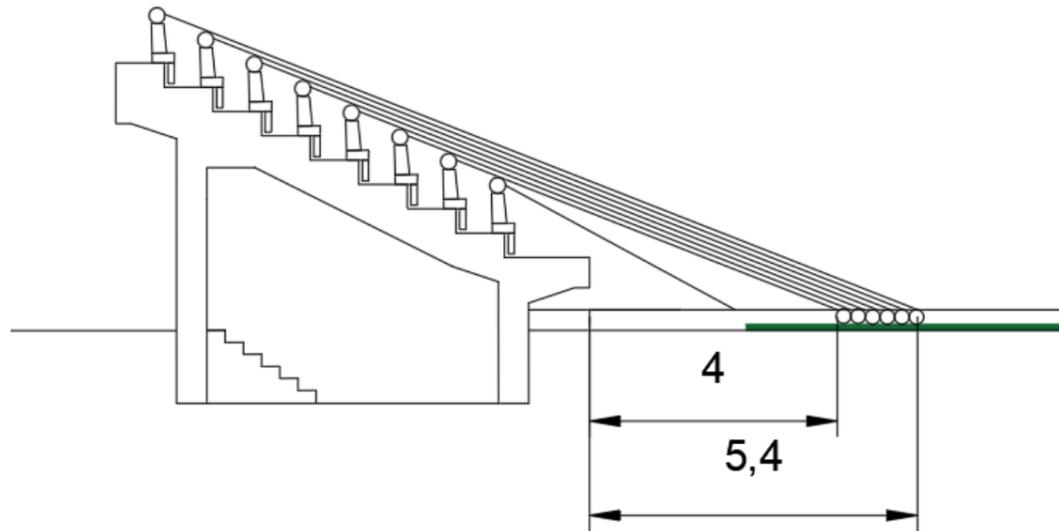


Ilustración 9. Esquema de visión. (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede apreciar en las imágenes el alcance de la visión del espectador que está en la segunda fila sobre el esférico es de 4 metros y el de la última de 5,4 metros, teniendo en cuenta que el terreno de juego está a 4 metros del graderío, el espectador situado en la segunda fila tendría una visión completa sobre el transcurso del juego. En el caso del espectador situado en la última fila se considera que su es óptima debido a que se trata de una grada localizada en lateral.

La norma UNE-EN 13200-1:2003 indica las distancias máximas y la distancia recomendada de visión, en función del deporte:

Grupo	Distancia recomendada (m)	Distancia máxima
A	190	230
B	150	190
C	70	100

El fútbol se considera un deporte del tipo B al tener un tamaño de objeto mediano y una velocidad de juego moderada, por lo que la distancia recomendada son 150 metros, lo cual es mayor a la distancia desde el último espectador a la otra parte del terreno de juego que son 76,80 metros.

5.8. Accesibilidad

5.8.1. Escaleras exteriores

El acceso al nuevo graderío se dispondrá por ambos costados en la parte frontal del mismo, donde la distancia a salvar es menor. Se deberá disponer de escaleras que salven una distancia de 1,20 metros y permita acceder al tramo horizontal de 1 metro y 40 centímetros del graderío, localizado en la parte más cercana al campo de fútbol.

Las escaleras este y oeste serán de hormigón prefabricado para facilitar el montaje, reduciendo considerablemente la mano de obra, los plazos de ejecución y los costes asociados.

Se pueden fabricar en diferentes espesores y anchuras según las necesidades de cada proyecto. La empresa Gilva S.A está especializada en el diseño de escaleras prefabricadas, así que se empleará como ejemplo para el diseño de ambas.

Se propone el diseño de una escalera con 6 peldaños de 30 centímetros de huella, 20 centímetros de contrahuella y una meseta final de 1 metro de longitud. La anchura de esta será de un metro y el canto de 15 centímetros.

Esta empresa emplea un hormigón armado HA-35 con unas barras de acero B-500 SD para la fabricación de las escaleras prefabricadas. Estas soportan una carga de 5 kN/m².

5.8.2. Peldaños del graderío

Para las escaleras en el graderío se encargarán peldaños prefabricados a la misma empresa a la que se encarguen las vigas gradas, asegurándose así una correcta instalación de los mismos. En este caso tomamos de referencia los peldaños prefabricados de la empresa Nortén PH, que sirven para las vigas gradas GN-80/40.

Esta empresa distingue entre peldaños simples o dobles, en nuestro caso optaremos por peldaños simples que son los que mejor se adaptan a este tipo de viga grada. Pretendemos obtener unos peldaños que sirvan para salvar la contrahuella actual de 40 centímetros por lo que se precisa de unos con una contrahuella de 20 centímetros.

PELDAÑO SIMPLE

TIPO				PESOS	GRADA VÁLIDA
	A	B	L		
PN-80/40	40	20	1.20	95	GN-80/40
PN-85/40	42.5	20	1.20	100	GN-85/40
PN-90/40	45	20	1.20	105	GN-90/40

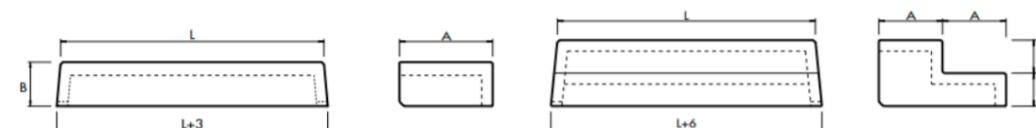


Ilustración 10. Peldaños simples. (Fuente: Catálogo Nortén PH).

Los peldaños para salvar la contrahuella serán los PN-80/40, con una huella de 40 centímetros y una contrahuella de 20 centímetros, el largo de los mismos es 1,23 metros en su parte inferior y 1,20 metros en la parte superior y el peso de cada uno será de 95 kilogramos.

En el caso del graderío de 75 metros de longitud será suficiente disponer de 4 tramos de escaleras para facilitar el acceso a todas la localidades. A continuación se muestra, la planta de la mitad del graderío donde se aprecia la ubicación de los peldaños sobre las vigas GN-80/40, siendo esta grada simétrica.



Ilustración 11. Detalle de escaleras en graderío. (Fuente: Elaboración propia).

5.9. Mobiliario

5.9.1. Asientos

Para la elección de los asientos del graderío se proponen los asientos con respaldo de la empresa Daplast. De la selección del catálogo de la empresa el que mejor se adapta a nuestro graderío es el asiento CR2, cuyas medidas se muestran a continuación.

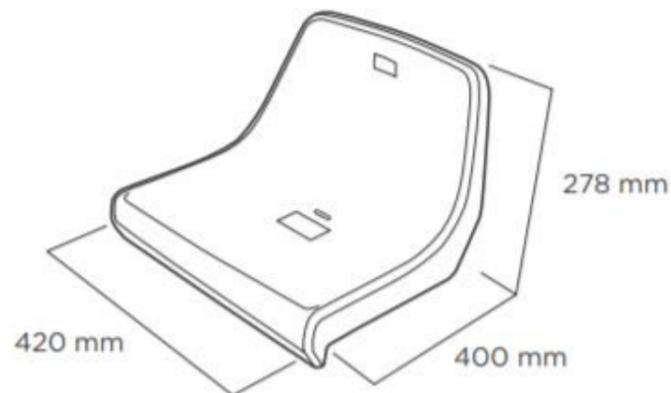


Ilustración 12. Medidas del asiento CR2. (Fuente: Catálogo de daplast).

Estos asientos disponen de un punto de anclaje para fijarse directamente sobre la grada y se recomienda una separación entre ejes de 50 centímetros para una mayor comodidad de los usuarios. Al ser los colores del club amarillo y negro se propone combinar ambos colores para dar una imagen característica a la grada.

5.9.2. Barandillas

Las barandillas serán de aluminio y se instalarán en todo el perímetro de la parte norte así como en los laterales este y oeste y de las escaleras de acceso. Estas barandillas tendrá una altura de 80 centímetros siendo el

pasamanos un tubo de 50 milímetros de diámetro, teniendo tramos horizontales con un tubo de 16 mm. La fijación se hará con placa de anclaje vista.

Para las barandillas dispuestas en la parte que da al campo de fútbol se proponen unas barandillas de solo vidrio extrafuerte 3KN con un grosor de 25 milímetros y un pasamanos de acero inoxidable. De esta forma se asegura la visibilidad con un vidrio resistente a posibles golpes recibidos por el balón.

6. Cubierta

La cubierta se dispone en forma de una estructura apórticada formada por dos pilares y una viga dispuestos cada 12,5 metros. En total la estructura estará formada por 7 pórticos.

El pilar trasero tendrá una longitud de 7,50 metros y el delantero de 7,90 metros para que la viga tenga una proyección ascendente. Los pilares tendrán sección HEB mientras que por su parte la viga tendrá sección IPE.

La viga será de sección variable que será optimizada en el programa SAP 2000.

La cubierta será una chapa de acero de 250N/mm² de resistencia

A continuación se muestran las distintas partes que forman la estructura y su modelización en el programa SAP 2000.

6.1. Pilares

Se dispone de 7 pilares de 7,5 metros de altura (Pilares C) y otros tantos de 7,9 metros de altura (Pilares D), con el objetivo de crear una disposición ascendente de la cubierta.

Ambos pilares serán de acero con una sección HEB240 con el objetivo de resistir mejor los esfuerzos al tener la estructura una luz de 12,50 metros.



Ilustración 13. Pilares de la estructura de la cubierta. (Fuente: Elaboración propia).

6.2. Vigas

La estructura constará con 7 vigas de canto variable, comenzando en una sección IPE 270 y finalizando en una sección IPE 200. Las vigas deberán transmitir los esfuerzos a los pilares.

La unión de las vigas de la cubierta a los pilares será soldada.

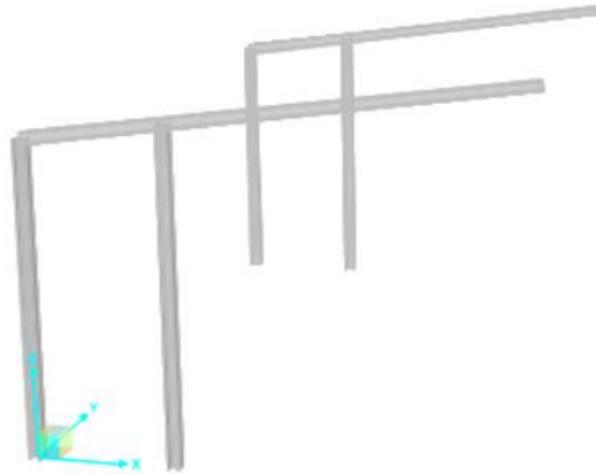


Ilustración 14. Conjunto pilares y vigas de la estructura de la cubierta. (Fuente: Elaboración propia).

6.3. Vigas transversales

A las vigas cubiertas se les suman dos vigas IPE 200 transversales entre cada dos pórtico soldadas a la altura de la cabeza de los pilares que actuarán resistiendo posibles esfuerzos laterales evitando el vuelco de la estructura.

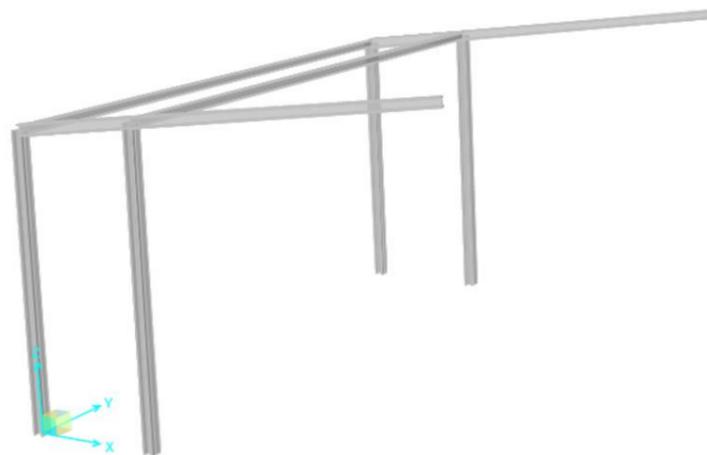


Ilustración 15. Vigas transversales de la estructura de la cubierta. (Fuente: Elaboración propia).

6.4. Diagonales

A modo de aumentar la capacidad resistente de la estructura frente a todo tipo de esfuerzos que puedan producir el vuelco o colapso de la estructura se dispone de dos dobles diagonales entre cada par de pórticos consecutivos, todas estas tendrán una sección IPE 200 de acero.

El primer par de diagonales irá desde la cabeza del pilar C del primer pórtico, hasta la cabeza del pilar D del siguiente pórtico, y viceversa.

El segundo par de diagonales irá desde la cabeza del pilar C de un pórtico hasta un punto situado 3 metros por debajo de la cabeza del pilar C del siguiente pórtico, y viceversa.

Como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

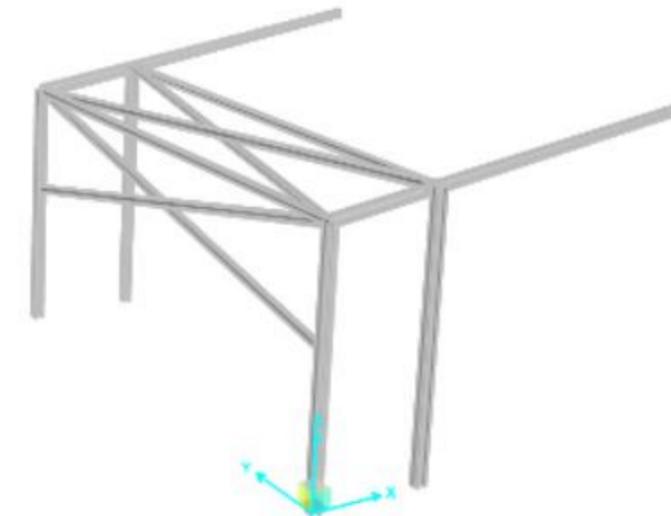


Ilustración 16. Diagonales en unión de pórticos de la estructura de la cubierta. (Fuente: Elaboración propia).

6.5. Cubierta

La cubierta será una cubierta metálica tipo sándwich con chapas de acero y material aislante. La geometría de la cubierta estará definida por un radio de 14,79 metros y una flecha de 1385 milímetros.

Una chapa de acero de límite elástico 250 N/mm² forma el perfil interior a lo que se añadiría un aislamiento de fieltro de lana de roca dispuesto de forma continua en toda la cubierta.

Para garantizar la separación de las chapas metálicas y alojar el aislante se dispone de perfiles omega que además actuará como correa

Para la colocación de la cubierta se precisa la colocación de unos remates especiales en el perfil IPE para dar un ángulo de 25° a la cubierta. Se dispondrá de tornillos que unan la cubierta al remate y al perfil. Entre las chapas emplearán tornillos chapa-chapa

Para la modelización en el programa SAP 2000, dado que no existe la posibilidad de dimensionar elementos curvados se ha dividido la cubierta en diversos elementos finitos que permiten representar la curvatura para una correcta transmisión de esfuerzos. Para ello se dimensiono la estructura en AUTOCAD y se exportó al programa SAP 2000.

Para unir la chapa a la viga de acero se emplearán tornillos de acero al carbono.

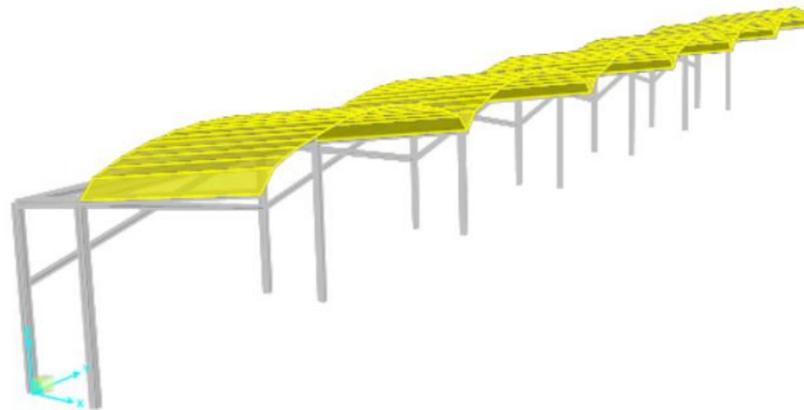


Ilustración 17. Estructura de la cubierta. (Fuente: Elaboración propia).

Por su parte un modelo conjunto en SAP 2000, se muestra a continuación.

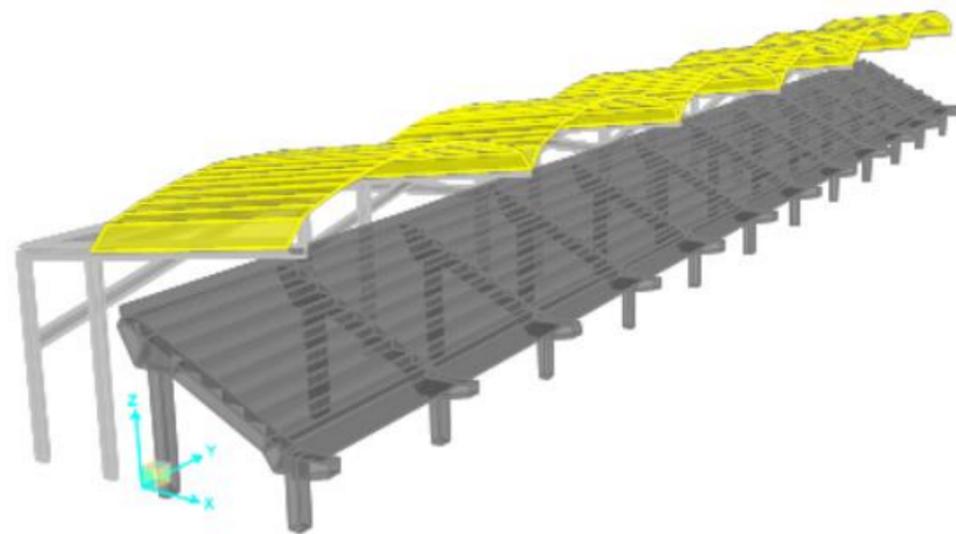


Ilustración 18. Conjunto del graderío en SAP 2000. (Fuente: Elaboración propia).

7. Instalaciones

El diseño de las instalaciones localizadas debajo del graderío queda fuera del alcance de este proyecto, siendo un trabajo más propio de un diseño arquitectónico, no obstante, se realiza una proposición de la posible distribución de espacio del mismo.

En primer lugar se propone que el espacio entre los pórticos centrales que hueco para poder disponer de un túnel de vestuarios al que se acceda por una puerta lateral de los vestuarios local y visitante, esto permitirá una entrada más profesional de los clubes al terreno de juego.

Por tanto, este túnel dividirá el espacio inferior en un espacio este y otro oeste, la zona más próxima al túnel de vestuarios de ambos espacios se reservará para los vestuarios locales y visitantes respectivamente.

Los extremos de cada lado, se reservarán para aseos de los asistentes a la grada, tanto para mujeres como para hombres. Los asientos más cercanos a los extremos se reservará para minusválidos.

El espacio utilizable para personas será de 4,5 metros de ancho que es el espacio que permite una altura de 2,4 metros para ser útil, reservándose el resto para almacenes.

Para todas estas instalaciones será preciso disponer de unas escaleras que permitan salvar la altura, al no existir problema de espacio no provoca una limitación importante.

Para el caso de los aseos de minusválidos se propone que el suelo esté a la misma cota que la exterior para evitar disponer de una rampa, además dado que se cumpliría la altura en una anchura de 2,5 metros, se podría disponer de aseos suficientemente amplios.

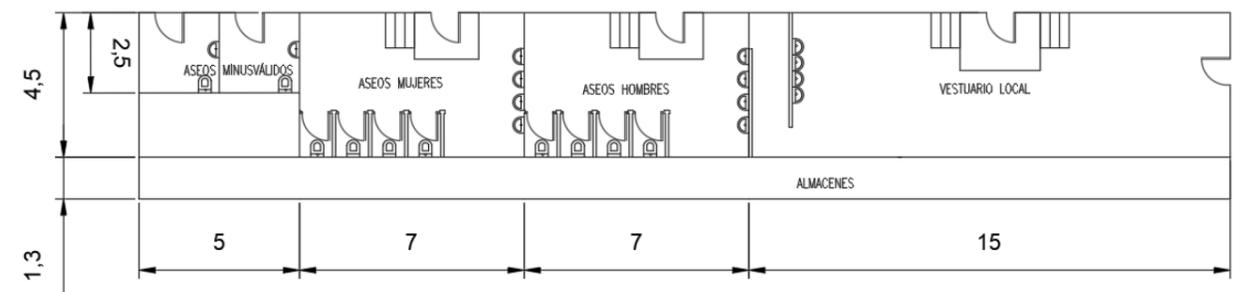


Ilustración 19. Propuesta de instalaciones subterráneas oeste. (Fuente: elaboración propia)

Las instalaciones localizadas al este y al oeste son simétricas, la distribución se puede observar de forma más detallada en los planos de este trabajo final de máster.



ANEJO 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

Índice	
1. Objeto	3
2. Descripción de la estructura	3
3. Bases para cálculo	3
3.1. Normativa	3
3.2. Características de los materiales.....	3
3.2.1. Hormigón.....	3
3.2.2. Acero para armado	3
3.2.3. Acero laminado para la cubierta	3
4. Acciones permanentes	4
4.1. Peso propio	4
4.2. Cargas muertas.....	4
5. Acciones variables	4
5.1. Sobrecarga de uso	4
5.2. Viento	4
5.2.1. Presión dinámica (qb)	4
5.2.2. Coeficiente de exposición	5
5.2.3. Coeficiente de presión dinámica	6
5.3. Nieve.....	10
5.4. Sismo.....	10
6. Métodos de estado límite.....	12
6.1. Acciones	12
6.2. Combinaciones de acciones	12
6.3. Hipótesis de cálculo.....	13
6.4. Aptitud de servicio	15
6.4.1. Deformaciones	15
7. Análisis estructural	15
7.1. Cimentación de los pilares de hormigón	15
7.2. Viga portagradas	16
7.2.1. Dimensionamiento de la armadura a tracción simple.....	16
7.2.2. Dimensionamiento de la armadura a compresión	17
7.2.3. Dimensionamiento a cortante.....	17
7.2.4. Comprobación a fisuración	18
8. Pilares	19
8.2.1. Comprobación a flexión compuesta	20
Pilar A	20
Pilar B.....	20
8.2.2. Comprobación a cortante de los pilares	20
8.2.3. Estabilidad de los soportes.....	21
Pilar A	21
Pilar B.....	22
9. Estructura de la cubierta	22
9.1. Cálculo de la cimentación.....	22
9.2. Comprobación.....	23
APÉNDICE.....	25
A.1. Denominación de los elementos en SAP 2000.....	27
A.2. Denominación de las uniones y cimentaciones en SAP 2000	27
A.3. Distribución de esfuerzo axiles para combinación ELU2 en SAP 2000	28
A.4. Distribución de esfuerzo cortantes para combinación ELU2 en SAP 2000	28
A.5. Distribución de momento flector para combinación ELU2 en SAP 2000.....	29
A.6. Denominaciones de los elementos de la cubierta	30
A.7. Distribución de axil para combinación ELU 1 de la cubierta en SAP 2000.....	30
A.8. Distribución de cortante para la combinación ELU 1 de la cubierta en SAP 2000	31
A.9. Distribución de momento flecto para la combinación ELU 1 de la cubierta en SAP 2000.....	31
A.10. Desplazamientos y giros para ELS en nodos relevantes del graderío.....	32



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

1. Objeto

Este Trabajo Final de Máster para la titulación Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos tiene como objeto la construcción de una nueva grada para el campo de fútbol del polideportivo de Villamarchante, localizado en la provincia de Valencia. El proyecto se centra en la realización de una nueva grada norte que albergue los vestuarios debajo del esta y una cubierta que cubra la total longitud del graderío.

En el presente anejo se realiza el cálculo estructural para dimensionar, comprobar y verificar los elementos estructurales que forman la estructura, de acuerdo a las normativas vigentes.

2. Descripción de la estructura

La estructura del graderío se trata de una estructura de pórticos consecutivos, cada cual de ellos está formado por dos pilares de sección rectangular sobre los que se apoya una viga portagradas de canto variable.

Las vigas gradas se unirán a la viga portagradas formando la estructura final del graderío y dando lugar a las gradas propiamente dichas.

En la zona baja del graderío se dispondrá una losa de un metro y cuarenta centímetros de anchura formada por placas alveolares, esta placa será suministrada por el mismo proveedor de las vigas grada, con uniones de fabricada que permitirán su correcta puesta en obra dando continuidad al graderío.

Cabe destacar que la totalidad de la grada estará constituida por elemento prefabricados, por lo que se tomará de ejemplo para el caso de las vigas gradas y demás estructura los de la empresa Nortén S.A. Las uniones entre estos serán atornilladas y se consideran rígidas.

Cada pórtico estará separado una distancia de 6,75 metros y será necesario realizar una zanja de 2,5 metros para que la construcción de la cimentación y de la estructura que permitirá albergar vestuarios en su interior.

A modo de facilitar la comprensión y la visualización se desarrollará un modelo independiente para la cubierta.

La estructura de la cubierta será una estructura aporticada. Cada pórtico estará compuesto por dos pilares de distinta altura y perfiles HEB sobre los que se apoyara una viga IPE de canto variable, que irá soldada.

Los distintos pórticos irán unidos por dos vigas transversales a los que se añadirán dobles diagonales tanto en alzado como en planta, de esta forma se asegurará la resistencia de la estructura a acciones laterales. Tanto las vigas como las diagonales tendrán sección IPE y se soldarán en obra.

La cubierta se unirá a las vigas IPE de canto variable mediante remates atornillados por tornillo de acero al carbono. La cubierta será una cubierta tipo sándwich que estará constituido por chapa de acero S250GD como elemento resistente, un revestimiento de zinc prelacado (Z-275, 275gr/m²) y galvanizado(Z-225, 225 gr/m²) por ambas caras, una capa de aislamiento de fieltro de lana de roca y como perfil exterior un material impermeable. Todo ello fijado entre sí por tornillos y a la estructura por tornillos de acero al carbono.

3. Bases para cálculo

3.1. Normativa

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).
- Instrucción de Acero Estructura (EAE).
- Documento Básico de Seguridad Estructural de Código Técnico de Edificación. (CTE-DB-SE).
- Norma de Construcción Sismoresistente (NCSE-02)

3.2. Características de los materiales

3.2.1. Hormigón

- Hormigón armado HA-40.
- Resistencia característica a compresión: $f_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia de cálculo: $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 40/1,5 = 26,67 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia a compresión del hormigón: $f_{1cd} = 0,60 * f_{cd} = 16 \text{ N/m}$
- Resistencia media a tracción: $f_{ct, m} = 0,30 * f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 3,509 \text{ N/mm}^2$
- Resistencia a flexotracción: $f_{ct, fl} = \text{máx} [\frac{1,6-h}{1000} * f_{ct, m}; f_{ct, m}]$
- Peso específico: $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- Módulo de elasticidad: $E_c = 8500 \times (f_{ck} + 8)^{1/3} = 30891 \text{ N/mm}^2$
- Módulo de Poisson. $\nu=0,2$.
- Módulo de elasticidad transversal: $G = 15123 \text{ MPa}$
- Coeficiente de dilatación: $\alpha = 5,50 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

3.2.2. Acero para armado

- Barras de acero corrugado B500S.
- Límite elástico: $f_y=500 \text{ MPa}$.
- Límite elástico de cálculo: $f_{yd} = f_y / \gamma_s = 500/1,15 = 434,78 \text{ MPa}$.
- Módulo de elasticidad: $E=200.000 \text{ MPa}$.
- Resistencia a tracción: $f_u= 550 \text{ MPa}$.
- Peso específico: $\gamma = 76,97 \text{ kN/m}^3$
- Coeficiente de dilatación: $\alpha = 1,17 * 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Coeficiente de Poisson: $\nu=0,2$

3.2.3. Acero laminado para la cubierta

- Acero laminado S275.
- Límite elástico: $f_y=275 \text{ MPa}$.
- Límite elástico de cálculo: $f_{yd} = f_y / \gamma_s = 275/1,15 = 239,13 \text{ MPa}$.
- Módulo de elasticidad: $E=210.000 \text{ MPa}$.
- Resistencia a tracción: $f_u= 430 \text{ MPa}$.
- Peso específico: $\gamma = 76,97 \text{ kN/m}^3$
- Coeficiente de dilatación: $\alpha = 1,17 * 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Coeficiente de Poisson: $\nu=0,2$

4. Acciones permanentes

Son las acciones producidas por el peso de la propia estructura y los elementos que la constituyen que se encuentran presentes de forma permanente.

4.1. Peso propio

El peso propio de los elementos que forman la estructura se introduce en el programa SAP 2000 al introducir la geometría de los elementos y su peso específico que es 25 KN/me en el caso de hormigón y 76,97 KN/m³ en el caso del acero.

El propio programa se encarga de calcular la estructura con su peso propio.

4.2. Cargas muertas

Las cargas muertas son cargas que se encuentran permanentemente en la estructura sin formar parte de la parte estructural de esta, es el caso de barandillas, asientos, peldaños, así como el empuje del terreno.

En el caso de los peldaños se considera un peso de 95 kilogramos por cada uno de ellos que transmitirá a la estructura una carga puntual de 0,931 KN, en la directriz de cada peldaño, cabe recordar que existen cuatro filas de peldaños separadas 25 metros entre sí.

Los asientos, al ser de PVC, se considera que tienen un peso despreciable a la hora de calcular la estructura por lo que se simplificarán los cálculos considerando que transmiten un esfuerzo nulo a la estructura.

Las barandillas serán de aluminio y se instalarán en todo el perímetro de la parte norte así como en los laterales este y oeste y de las escaleras de acceso. Estas barandillas tendrá una altura de 80 centímetros siendo el pasamanos un tubo de 50 milímetros de diámetro, teniendo tramos horizontales con un tubo de 16 mm. Por tanto su volumen por metro lineal será de 0,00554 m³/m, el aluminio tiene una densidad aproximada de 2700 kg/m³, por lo que la carga muerta de las barandillas será 0,147 KN/m.

5. Acciones variables

5.1. Sobrecarga de uso

Las sobrecargas de uso están establecidas en el código técnico de edificación. Cabe destacar que se considerará la sobrecarga de uso de la grada y de la cubierta.

La sobrecarga de uso de la cubierta se considera que solo se aplica para mantenimiento de esta y, por tanto, tendrá una hipótesis de carga particular. Esta sobrecarga de uso se considera 0,4 KN/m².

En el caso del graderío, se considera que pertenece a la categoría de uso zonas de acceso al público (c), concretamente, una zona de aglomeración (C5), se considerará, por tanto una carga uniformemente distribuida de 5 KN/m².

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4

Ilustración 1. Sobrecargas de uso en función del uso. (CTE-DB-AE)

5.2. Viento

La acción del viento se calcula generalmente como una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o como una presión estática.

Se obtiene según la fórmula:

$$q_e = q_b * c_e * c_p$$

Siendo:

q_b : La presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, se puede adoptar 0,5 KN/m².

c_e : el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra la infraestructura.

c_p : el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie.

5.2.1. Presión dinámica (q_b)

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la siguiente expresión, presenta en el CTE-DB-SE-AE:

$$q_b = 0,5 * \delta * v_b^2$$

Siendo:

δ : La densidad del aire. 1,25 kg/m³

v_b : el valor básico de la velocidad del viento



Ilustración 2. Velocidad básica del viento en España. (Fuente: CTE-DB-SE-AE).

La velocidad básica del viento en Villamarchante es el de la Zona del mapa de la ilustración anterior: 26 metros por segundos.

El valor de la presión dinámica es:

$$q_b = 0,5 * 1,25 * 26^2 = 422,5 \frac{N}{m^2}$$

$$q_b = 0,4225 \text{ kN/m}^2$$

5.2.2. Coeficiente de exposición

El coeficiente de exposición para altura sobre el terreno menores a 200 metros puede obtenerse con la siguiente expresión:

$$c_e = F * (F + 7k)$$

Siendo:

$$F = k * \ln\left(\frac{\max(z, Z)}{L}\right)$$

K, L y Z son parámetros característicos de cada entorno que se obtienen de la siguiente tabla.

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Ilustración 3. Valores de k, L y Z. (Fuente: CTE-DB-SE-AE).

En este caso, el grado de aspereza del entorno se corresponde a una zona urbana en general, industrial o forestal (IV), por tanto los parámetros k, L y Z serán; 0,22, 0,3 metros y 5,0, respectivamente.

Por su parte, la altura en la cota más alta del graderío (z) es de 5,60 metros.

$$F = 0,22 * \ln\left(\frac{\max(5,6, 5,0)}{0,3}\right) = 0,6439$$

$$c_e = 1,4061$$

Para la cubierta se tiene que:

$$F = 0,22 * \ln\left(\frac{\max(8,785, 5,0)}{0,3}\right) = 0,7429$$

$$c_e = 1,54$$

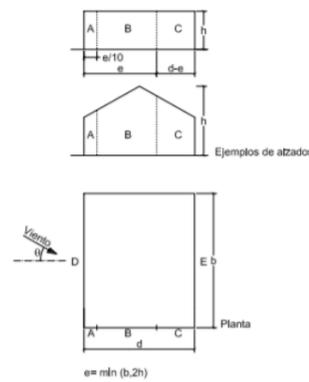
5.2.3. Coeficiente de presión dinámica

Los coeficientes de presión exterior (c_p) dependen de la dirección relativa del viento, de la forma de la estructura, de la posición de elemento considerado y de su área de influencia.

En el Código Técnico de Edificación se dan valores de coeficientes de presión para diversas formas simples de construcciones, obtenidos como el pésimo de entre los del abanico de direcciones de viento definidas en cada caso.

La acción del viento sobre las paredes de la grada se considera que actúa como lo haría al chocar con un parámetro vertical como se explica en la tabla D.3 del CTE-DB-SE-EA.

Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Ilustración 4. Valor de c_p para un parámetro vertical. (Fuente: CTE-DB-SE-AE)

Para obtener los valores se considera el área de cada elemento así como su relación h/d, obteniendo los siguientes valores para el caso del viento del norte:

VIENTO DE NORTE SOBRE PARED		
ZONA	AREA	VALOR
A	0,4675	-1.4
B	22,299	-0.8
C	0,5385	-0.5
D	420	0.7
E	180	-0.3

En el caso del viento del sur se tiene:

VIENTO DE SUR SOBRE PARED		
ZONA	AREA	VALOR
A	0,5385	-1.4
B	22,299	-0.8
C	0,4675	-0.5
D	180	0.7
E	420	-0.3

De igual manera se calcula la acción del viento del este:

VIENTO DE ESTE SOBRE PARED		
ZONA	AREA	VALOR
A	6,08	-1,3
B	54,76	-0.8
C	524,78	-0.5
D	22,36	0.7
E	22,36	-0.3

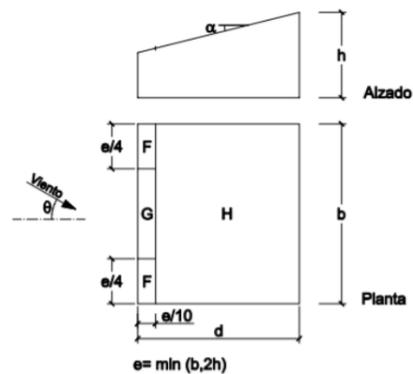
Por último el viento del oeste tiene los siguientes valores (iguales que en el caso del viento de oeste):

VIENTO DE OESTE SOBRE PARED		
ZONA	AREA	VALOR
A	6,08	-1,3
B	54,76	-0.8
C	524,78	-0.5
D	22,36	0.7
E	22,36	-0.3

Por su parte, para el cálculo de la acción del viento sobre la grada, se considerará distintos modelos teniendo en cuenta que la superficie del graderío (vigas en L), forman un ángulo de 27 grados con la horizontal.

En el caso de un viento de sur, se corresponde al caso de la tabla D.5 a):

Tabla D.5 Cubiertas a un agua.
a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

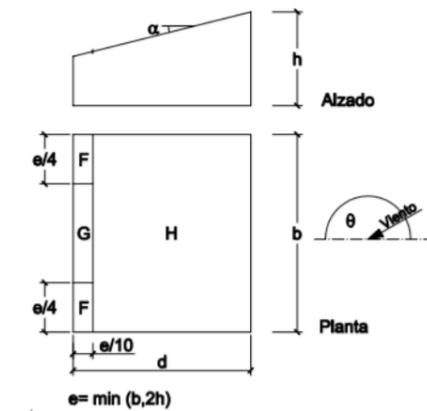


Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$		
		F	G	H
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0
15°	≥ 10	-2,5	-2,0	-1,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3
	≤ 1	0,2	0,2	0,2
30°	≥ 10	-2,0	-1,5	-0,3
	≤ 1	0,2	0,2	0,2
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2
	≤ 1	0,7	0,7	0,4
30°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2
	≤ 1	0,7	0,7	0,4

Ilustración 5. Valor de c_p para la grada con viento del norte. (Fuente: CTE-DB-SE-AE)

VIENTO DE SUR SOBRE GRADA			
ZONA	AREA	VALOR +	VALOR -
F	1,521	0,7	-1,5
G	57,789	0,7	-0,5
H	526,5	0.4	-0.2

b) Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$



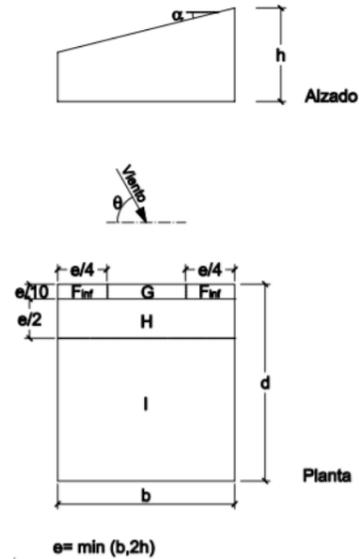
Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$		
		F	G	H
5°	≥ 10	-2,3	-1,3	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2
15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9
	≤ 1	-2,8	-2,0	-1,2
30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,3	-1,5	-0,8

Ilustración 6. Valor de c_p para la grada con viento del sur. (Fuente: CTE-DB-SE-AE)

VIENTO DE NORTE SOBRE GRADA		
ZONA	AREA	VALOR
F	1,521	-2,3
G	57,789	-0,8
H	526,5	-0,8

Para el caso del viento del este y oeste se sigue lo establecido en la tabla D.5. c):

c) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$				
		F _{inf}	F _{sup}	G	H	I
5°	≥ 10	-2,1	-2,1	-1,8	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,4	-2,6	-2,0	-1,2	-0,5
15°	≥ 10	-1,6	-2,4	-1,9	-0,8	-0,7
	≤ 1	-2,4	2,9	-2,5	-1,2	-1,2
30°	≥ 10	-1,3	-2,1	-1,5	-1,0	-0,8
	≤ 1	-2,0	-2,9	-2,0	-1,3	-1,2

Ilustración 7. Valor de c_p para la grada con viento lateral. (Fuente: CTE-DB-SE-AE)

VIENTO DE ESTE SOBRE GRADA		
ZONA	AREA	VALOR
F	1,521	-2,9
G	3,042	-2,0
H	24,336	-1,0
I	577,98	-0,8

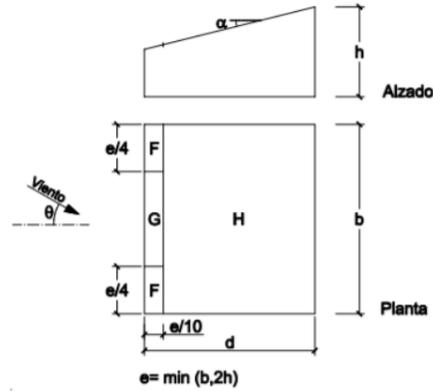
Tras el cálculo de los distintos parámetros, se establece la succión y presión para los distintos elementos en la siguiente tabla:

Qb		0.4225	kN/m2			
Ce		1.4061		Succión (kN/m2)	Presión(kN/m2)	
Cp	viento norte	Pared Norte	0.7		0.4159	
		Pared Sur		-0.3		-0.1782
		Pared Este		-1.4		-0.8317
		Pared Oeste		-1.4		-0.8317
		Grada		-2.3		-1.3664
	viento sur	Pared Norte		-0.3		-0.1782
		Pared Sur	0.7		0.4159	
		Pared Este		-1.4		-0.8317
		Pared Oeste		-1.4		-0.8317
		Grada		-2.3		-1.3664
	viento este	Pared Norte		-1.3		-0.7723
		Pared Sur		-1.3		-0.7723
Pared Este		0.7		0.4159		
Pared Oeste			-0.3		-0.1782	
Grada			-2.9		-1.7228	
viento oeste	Pared Norte		-1.3		-0.7723	
	Pared Sur		-1.3		-0.7723	
	Pared Este		-0.3		-0.1782	
	Pared Oeste	0.7		0.4159		
	Grada		-2.9		-1.7228	

En el caso de la cubierta se plantean distintas hipótesis en función de la dirección del viento, para una cubierta que se aproxima a una pendiente del 15%.

Comenzando de nuevo por calcular el caso en el que el viento procede del norte:

a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$		
		F	G	H
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0
15°	≥ 10	-2,5	-2,0	-1,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3
	≤ 1	0,2	0,2	0,2
15°	≥ 10	-2,0	-1,5	-0,3
	≤ 1	0,2	0,2	0,2

Ilustración 8. Valor de c_p para la cubierta con viento del norte. (Fuente: CTE-DB-SE-AE)

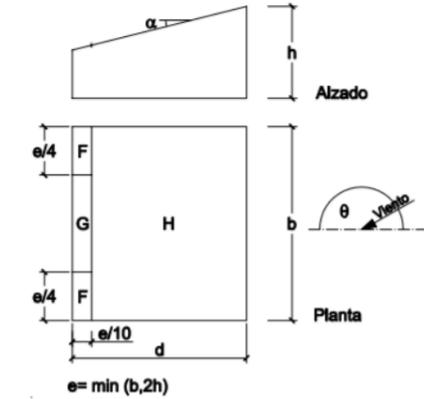
VIENTO DE NORTE SOBRE CUBIERTA			
ZONA	AREA	VALOR -	VALOR +
F	7.7176	-0.9	0.2
G	116.33	-0.8	0.2
H	687.61	-0.3	0.2

Para el caso del viento del sur se obtienen los siguientes resultados:

VIENTO DE SUR SOBRE CUBIERTA		
ZONA	AREA	VALOR
F	7.7176	-2.5
G	116.33	-1.3
H	687.61	-0.9

Los cuales se han calculado siguiendo lo establecido en la siguiente ilustración:

b) Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$

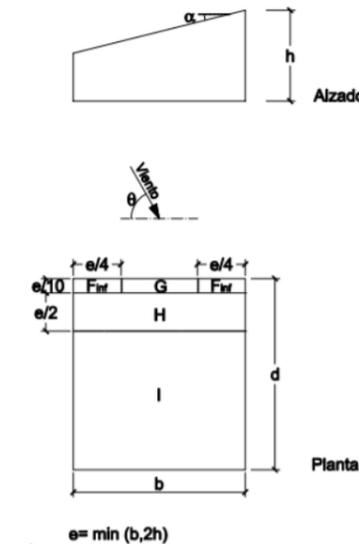


Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$		
		F	G	H
5°	≥ 10	-2,3	-1,3	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2
15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9
	≤ 1	-2,8	-2,0	-1,2

Ilustración 9. Caso del viento del sur para la cubierta. (Fuente: CTE-DB-SE-AE).

Por último para los casos de viento lateral se tiene:

c) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$				
		F _{inf}	F _{sup}	G	H	I
5°	≥ 10	-2,1	-2,1	-1,8	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,4	-2,6	-2,0	-1,2	-0,5
15°	≥ 10	-1,6	-2,4	-1,9	-0,8	-0,7
	≤ 1	-2,4	2,9	-2,5	-1,2	-1,2

Ilustración 10. Viento lateral en cubierta. (Fuente: CTE-DB-SE-AE).

VIENTO DE ESTE U OESTE SOBRE CUBIERTA		
ZONA	AREA	VALOR
F	7.7176	-2.4
G	116.33	-1.9
H	96.625	-0.8
I	704.216	-1.2

qb		0.4225	kN/m2			
ce		1.54		Succión (kN/m2)	Presión(kN/m2)	
cp	viento norte	F	0.9	-0.2	0.5856	-0.1301
		G	0.8	-0.2	0.5205	-0.1301
		H	0.3	-0.2	0.2160	-0.1301
	viento sur	F	-	-2.5		-1.6266
		G	-	-1.3		-0.8458
	viento este	F	-	-2.4		-1.5616
		G	-	-1.9		-1.2362
		H	-	-0.8		-0.5205
		I	-	-1.2		-0.7808
		F	-	-2.4		-1.5616
	viento oeste	G	-	-1.9		-1.2362
		H	-	-0.8		-0.5205
I		-	-1.2		-0.7808	

5.3. Nieve

La carga producida por la nieve sobre una infraestructura depende del clima del lugar en el que se ubica, del tipo de precipitación, del relieve, de la forma de la infraestructura, de los efectos del viento y de los intercambios térmicos en los parámetros térmicos.

Asimismo, existen particularidades constructivas que facilitan la acumulación de nieve.

En cubiertas como la de este caso la acción producida por la nieve sobre la estructura se fórmula de la siguiente forma:

$$q_n = \mu * s_k$$

Siendo:

μ : El coeficiente de forma de la cubierta

s_k : el valor característico de la acción de la nieve sobre el terreno horizontal.

En nuestro caso el coeficiente de forma se calcula como:

$$\mu = 1 + \frac{12.8}{30} = 1.4267$$

El valor s_k en cada capital de provincia y ciudad autónoma se puede obtener del CTE-DB-SE-EA:

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

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

Ilustración 11. Valor s_k por provincia. (Fuente: CTE-DB-SE-EA)

Por tanto, para Villamarchante se adopta el valor de Valencia $s_k=0,2$ kN/m²

$$q_n = \mu * s_k = 1.4267 * 0.2 = 0.2853 \text{ KN/m}^2$$

5.4. Sismo

Las acciones sísmicas están reguladas en la NSCE, Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación.

En esta norma podemos encontrar las masas que intervienen en el cálculo de las solicitudes en la infraestructura.

A los efectos de los cálculos de las solicitaciones debidas al sismo se considerarán las masas correspondientes a la propia estructura, las masas permanentes, y una fracción de las restantes masas —siempre que éstas tengan un efecto desfavorable sobre la estructura— de valor:

- para sobrecargas de uso en viviendas, hoteles y residencias: 0,5
- para sobrecargas de uso en edificios públicos, oficinas y comercios: 0,6
- para sobrecargas de uso en locales de aglomeración y espectáculos: 0,6
- para sobrecarga de nieve, siempre que ésta permanezca más de 30 días al año: 0,5
- para sobrecargas de uso en almacenes, archivos, etc.: 1,0
- para sobrecarga de tabiquería: 1,0
- para piscinas o grandes depósitos de agua: 1,0

Ilustración 12. Masas consideradas en función del uso. (Fuente: Código Técnico de Edificación)

En el caso de este graderío se corresponde al caso de sobrecarga de uso en locales de aglomeración y espectáculos.

En el apartado “espectro de respuesta elástica” (2.3) de la Norma, se establece un espectro normalizado de respuesta elástica en la superficie libre del terreno, para aceleraciones horizontales, correspondiente a un oscilador lineal simple con un amortiguamiento de referencia del 5% respecto al crítico:

$$\begin{aligned} \text{Si } T < T_A & \quad \alpha(T) = 1 + 1,5 * \frac{T}{T_A} \\ \text{Si } T_A \leq T \leq T_B & \quad \alpha(T) = 2,5 \\ \text{Si } T > T_B & \quad \alpha(T) = K * C/T \end{aligned}$$

Siendo:

$\alpha(T)$: Valor del espectro normalizado de respuesta elástica.

T: Período propio del oscilador en segundos.

K: Coeficiente de contribución. (k=1 en la provincia de Vilamarxant).

C: Coeficiente del terreno, que tiene en cuenta las características geotécnicas del terreno de cimentación. Obtenido del estudio geotécnico previo (valor 1,45).

T_A, T_B: períodos característicos del espectro de respuesta, de valores:

$$T_A = K * C / 10$$

$$T_B = K * C / 2,5$$

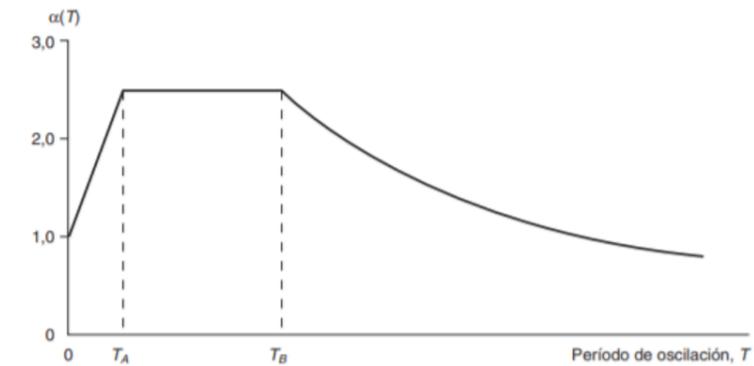


Ilustración 13. Espectro de respuesta. (Fuente: CTE)

El espectro de respuesta estática tiene un periodo inicial de la meseta de T_A de 0,145 y un período final de la misma T_B de 0,58 segundos.

En el apartado “Modificación del espectro de respuesta elástica en función del Amortiguamiento”, se indica que para valores del amortiguamiento de la estructura diferentes del 5% del crítico, los valores de $\alpha(T)$ para períodos $T \geq T_A$ se multiplicarán por un factor igual a:

$$v = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0,4}$$

Siendo Ω el amortiguamiento de la estructura expresado como porcentaje del crítico.

Para períodos comprendidos entre $T < T_A$, las ordenadas espectrales se interpolan linealmente, entre los valores correspondientes a $T=0$ Y $T=T_A$.

TABLA 3.1.
Valores del coeficiente de respuesta β

Tipo de estructura	Compartimentación de las plantas	Ω (%)	Coeficiente de comportamiento por ductilidad			Sin ductilidad ($\mu = 1$)
			$\mu = 4$	$\mu = 3$	$\mu = 2$	
Hormigón armado o acero laminado	Diáfana	4	0,27	0,36	0,55	1,09
	Compartimentada	5	0,25	0,33	0,50	1,00
Muros y tipo similares	Compartimentada	6	—	—	0,46	0,93

Ilustración 14. Factor de modificación de respuesta elástica. (Fuente: CTE).

Como se puede observar en la tabla, nuestra estructura, al ser de hormigón armado con una estructura compartimentada, el amortiguamiento es del 5% y por tanto el factor de modificación de la respuesta elástica igual a 1.

A continuación se procederá al cálculo, como se indica en el apartado de cálculo de la Norma Sismorresistente, en el que se verifica la seguridad de las construcciones frente acciones sísmicas que puedan actuar sobre ella durante su período de vida útil.

Para comprobar si nuestra infraestructura cumple los requisitos para ser calculada por el método simplificado de la norma se evaluarán los siguientes condicionantes.

1. El número de plantas sobre la rasante es inferior a 20.
2. La altura del edificio sobre la rasante es inferior a 60 metros.
3. Existe regularidad geométrica en planta y alzado, sin entrantes ni salientes importantes.
4. Dispone de soportes continuos hasta la cimentación, uniformemente distribuidos en plantas sin cambios bruscos en su rigidez.
5. Dispone de regularidad mecánica en la distribución de rigideces, resistencias y masas, de modo que los centros de gravedad y de torsión de todas las plantas estén situadas aproximadamente, en la misma vertical.
6. La excentricidad del centro de las masas que intervienen en el cálculo sísmico respecto al de torsión es inferior al 10% de la dimensión en planta del edificio en casa una de las direcciones principales.

Por tanto, al considerar que se cumplen los condicionantes, emplearemos este método para el cálculo. Este método, asimila las construcciones a un modelo unidimensional constituido por un oscilador múltiple con un solo grado de libertad de desplazamiento por planta. Su análisis se realiza a partir de un sistema de fuerzas horizontales equivalente al de los terremotos.

Los modos a considerar en función del período fundamental de la construcción T_F son:

- El primer modo, si $T_F \leq 0,75$ s.
- El primer y segundo modos, si $0,75 < T_F \leq 1,25$ s.
- Los tres primeros modos, si $T_F > 1,25$ s.

En el apartado 3.7.2.2. de la norma se indica el cálculo para el período fundamental T_F , nos encontramos en el caso 2: edificios con pórticos de hormigón armado sin la colaboración de pantallas rigidizadoras, por tanto se adopta $T_f=0,09n$.

Siendo n el número de plantas sobre la rasante, en este caso 1 y por tanto un período fundamental de 0,09 segundos, por lo que, al ser menor de 0,75 segundos se considerará únicamente el primer modo de vibración en cada dirección.

Por tanto en el programa SAP 2000, se introducirá el primer modo de oscilación horizontal en todas las direcciones, más otros dos modos rotacionales.

En la tabla de los valores de coeficiente de respuesta, este caso tenemos una ductilidad igual a 2, por tanto el valor del coeficiente de respuesta es de 0,5 que al multiplicarse a la aceleración sísmica 0,05g, nos da un valor de escala de 0,245 que se introducirá en el programa.

6. Métodos de estado límite.

Para el cálculo de los estados límites, se recurrirá al Documento Básico de Seguridad Estructural del Código Técnico de Edificación (CTE-DB-SE).

Se denominan estados límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguna de los requisitos estructurales para las que ha sido concebido.

Dentro de los estados límite distinguimos entre estados límite últimos y estados límite de servicio.

Los estados límite últimos son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo.

Los estados límite de servicio son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento de del edificio o a la apariencia de la construcción.

Ambos serán estudiados para comprobar que le estructura no los supera en ningún momento.

6.1. Acciones

Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su variación en el tiempo en:

- a) **Acciones permanentes (G):** Son aquellas que actúan en todo instante sobre la infraestructura con posición constante. Su magnitud puede ser constante o no, pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.
- b) **Acciones variables (Q):** Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas.
- c) **Acciones accidentales (A):** Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.

6.2. Combinaciones de acciones

La combinación de acciones para una situación permanente o transitoria se calculará de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\sum \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_P * P + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$), en nuestro caso nulo, por lo que se simplificará la fórmula a partir de ahora.
- b) una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

La combinación correspondiente a una situación extraordinaria, se determina a partir de la siguiente expresión, en la que se omite el pretensado.

$$\sum \gamma G, j * Gk, j + Ad + \gamma Q, 1 * \Psi 1, 1 * Qk, 1 + \sum_{i>1} \gamma Q, i * \Psi 2, i * Qk, 1$$

Considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma G \cdot Gk$)
- una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo (Ad), debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas.
- una acción variable, en valor de cálculo frecuente ($\gamma Q \cdot \psi 1 \cdot Qk$), debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada.
- El resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi permanente ($\gamma Q \cdot \psi 2 \cdot Qk$).

En situación extraordinaria, todos los coeficientes de seguridad (γG , γP , γQ), son iguales a cero si su efecto es favorable, o a la unidad si es desfavorable, en los términos anteriores.

Para el cálculo de las combinaciones de acciones se tienen coeficientes de seguridad y de simultaneidad, γ y ψ , respectivamente.

Los valores de los coeficientes de seguridad se pueden observar en la siguiente tabla:

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

Ilustración 15. Coeficiente de seguridad.. (Fuente: CTE-DB-SE)

En el caso de esta infraestructura, como se tendrán en cuenta únicamente las cargas desfavorables, las solicitaciones permanentes tendrán un coeficiente de seguridad de 1,35 y por su parte las sobrecargas de uso, el viento y la nieve tendrán un coeficiente de 1,5.

	ELS	ELU
Permanente	1	1,35
Sobrecargas de uso	1	1,5
Viento	1	1,5
Nieve	1	1,5

Por su parte, los coeficientes de simultaneidad, aparecen en la siguiente tabla del CTE-DB-SE:

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

Ilustración 16. Coeficiente de simultaneidad. (Fuente: CTE-DB-SE)

Acción	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de uso	0,7	0,7	0,6
Sobrecarga de uso de la cubierta	0	0	0
Nieve	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0

6.3. Hipótesis de cálculo

A continuación se presentan las diferentes hipótesis de cálculo para la diferentes situaciones diferenciando entre estados límite últimos y estados límites de servicio.

En primer lugar se plantean las hipótesis para el estado límite último, empleando la combinación para la situación permanente o transitoria. En estas hipótesis se plantearán las distintas situaciones según qué acción variable sea la principal y el resto las concomitantes. Cabe destacar que se considerará que el viento solo puede actuar con una dirección y magnitud simultáneamente.

Las hipótesis consideradas para el estado límite último del graderío son las siguientes:

ELU-1	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{USO,GRADA}$
ELU-2	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{norte} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-3	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{sur} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-4	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{este} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-5	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{oeste} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-6	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot V_{norte} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-7	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot V_{sur} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-8	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot V_{este} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-9	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot V_{oeste} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-10	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{norte}$
ELU-11	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{sur}$
ELU-12	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{este}$
ELU-13	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{oeste}$

Se descartará el cálculo de las combinaciones de la 11 a la 14 al considerarse que carece de lógica considerar la nieve como acción principal en un territorio como Villamarchante.

Para la comprobación del estado límite de servicio se comprobarán las deformaciones tanto horizontales como verticales en la infraestructura.

A continuación se presentan las combinaciones consideradas:

ELS-1	$1 \cdot G + 1 \cdot S_{USO,GRADA}$
ELS-2	$1 \cdot G + 1 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,6 \cdot V_{norte} + 1 \cdot 0,5 \cdot N$
ELS-3	$1 \cdot G + 1 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,6 \cdot V_{sur} + 1 \cdot 0,5 \cdot N$
ELS-4	$1 \cdot G + 1 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,6 \cdot V_{este} + 1 \cdot 0,5 \cdot N$
ELS-5	$1 \cdot G + 1 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,6 \cdot V_{oeste} + 1 \cdot 0,5 \cdot N$
ELS-6	$1 \cdot G + 1 \cdot V_{norte} + 1 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,5 \cdot N$
ELS-7	$1 \cdot G + 1 \cdot V_{sur} + 1 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,5 \cdot N$
ELS-8	$1 \cdot G + 1 \cdot V_{este} + 1 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,5 \cdot N$
ELS-9	$1 \cdot G + 1 \cdot V_{oeste} + 1 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,5 \cdot N$

ELS-10	$1 \cdot G + 1 \cdot N + 1 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,6 \cdot V_{norte}$
ELS-11	$1 \cdot G + 1 \cdot N + 1 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,6 \cdot V_{sur}$
ELS-12	$1 \cdot G + 1 \cdot N + 1 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,6 \cdot V_{este}$
ELS-13	$1 \cdot G + 1 \cdot N + 1 \cdot 0,7 \cdot S_{USO,GRADA} + 1 \cdot 0,6 \cdot V_{oeste}$

De igual forma que en el caso del estado límite último, se descartan las últimas 4 hipótesis en las que la acción principal es la nieve.

Por su parte para el cálculo de los estados límites de la cubierta se debe tener en cuenta que solo se considerará una sobrecarga por conservación de 0,4 KN/m² que además no es concomitante con otros esfuerzos, a continuación se presentan las hipótesis de cálculo, en las que se considerará que el viento únicamente actúa en una dirección y con una magnitud simultáneamente.

ELU-1	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S_{USO,CUBIERTA}$
ELU-2	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot V_{norte} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-3	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot V_{sur} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-4	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot V_{este} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-5	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot V_{oeste} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N$
ELU-6	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{norte}$
ELU-7	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{sur}$
ELU-8	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{este}$
ELU-9	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot N + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V_{oeste}$

En este caso se descartan las combinaciones que consideran la nieve como acción principal (6 a 9) y se tendrán en cuenta las 5 primeras.

A continuación se muestran las combinaciones para el estado límite de servicio en las que se hará la misma simplificación:

ELS-1	1*G+1*SUSO, CUBIERTA
ELS-6	1*G +1*Vnorte +1*0,5*N
ELS-7	1*G +1*Vsur +1*0,5*N
ELS-8	1*G +1*Veste +1*0,5*N
ELS-9	1*G +1*Voeste +1*0,5*N
ELS-10	1*G +1*N +1*0,6*Vnorte
ELS-11	1*G +1*N +1*0,6*Vsur
ELS-12	1*G +1*N +1*0,6*Veste
ELS-13	1*G +1*N +1*0,6*Voeste

6.4. Aptitud de servicio

Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

6.4.1. Deformaciones

Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

- 1/500 en pisos con tabiques frágiles o pavimentos rígidos sin juntas;
- 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
- 1/300 en el resto de los casos.

En este caso se admite la rigidez de la estructura si la flecha es inferior a 1/300.

Para flecha máxima entre pilares con una luz de 6,75 metros es de:

$$f_{max} = \frac{4,8}{300} = 0,0225 \text{ metros}$$

El desplome máximo por su parte se establece en 1/500, lo que para nuestro caso deja unas deformaciones máximas de:

$$h_{max, a} = \frac{4,5}{500} = 0,009 \text{ metros} = 0,9 \text{ centímetros}$$

$$h_{max, b} = \frac{2,15}{500} = 0,0043 \text{ metros} = 0,43 \text{ centímetros}$$

En el apéndice de este documento se recogen los desplazamientos en los puntos más representativos del modelo.

7. Análisis estructural

7.1. Cimentación de los pilares de hormigón

Para el cálculo de los esfuerzos en la cimentación se toman las combinaciones con viento de norte debido a que son las más desfavorables.

Concretamente la combinación ELU-2, con la sobrecarga de uso como acción predominante es la que presenta unos mayores esfuerzos en la cimentación.

	Zapata a	Zapata b
Axil (KN)	200,08	150,42
Cortante (KN)	14,36	18,76
Momento flector (KN.M)	27,03	2,21

La EHE establece en el artículo 42.3.3 que la secciones sometidas a compresión simple deben cumplir que:

$$A_s * f_{yd} \leq 0,05 N_d$$

$$A_s, a * 400 \leq 0,05 * 200.080$$

$$A_s, a \leq 25,01 \text{ mm}^2$$

$$A_s, b * 400 \leq 0,05 * 150.420$$

$$A_s, a \leq 18,80 \text{ mm}^2$$

$$A_s * f_{yd} \geq 0,05 f_{cd} * A_c$$

$$A_s * 400 \geq 0,05 * \frac{40}{1,5} * 1700 * 600$$

$$A_s, a \geq 3.4004 \text{ mm}^2$$

$$A_s * 400 \geq 0,05 * \frac{40}{1,5} * 1500 * 600$$

$$A_s, b \geq 3.000 \text{ mm}^2$$

Para la cuantía de cálculo se emplea el método de bielas y tirantes:

La tensión transmitida al terreno es:

$$\vartheta = \frac{Q + N}{A}$$

Los datos a emplear se pueden observar en el ANEJO Nº2 "ESTUDIO GEOTÉCNICO".

$$\vartheta, a = \frac{267,58}{1,7 \times 1,7} = 92,58 \text{ KN/m}^2$$

$$\vartheta, b = \frac{203,32}{1,5 \times 1,5} = 90,36 \text{ KN/m}^2$$

El tirante se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Td = \frac{R1d * x1}{2 * 0,85 * d}$$

Siendo:

d: el canto útil de la sección 0,6-0,1=0,5m en ambos casos

x1: La posición del centro de gravedad del bloque de tensiones B/4

R1d: la resultante del bloque de tensiones

$$R1d = \vartheta * A/2$$

Dando 133,78 KN para la zapata A y 101,66 en la zapata B.

$$Td, a = \frac{133,78 * 0,425}{2 * 0,85 * 0,5} = 66,89 \text{ Kn}$$

$$Td, b = \frac{101,66 * 0,375}{2 * 0,85 * 0,5} = 44,85 \text{ Kn}$$

La cuantía de acero necesaria es igual a:

$$As = \frac{Td}{fyd}$$

Obteniéndose que la cuantía de cálculo es 153,8 mm² en la zapata A y 103,17 mm² en la zapata B.

No obstante, se establece que la cuantía mínima debe ser de un 0,18% de la sección de hormigón lo que sería una cuantía de 1.876 mm² en la zapata A y 1.620 mm² en la zapata B.

Por tanto, se propone un armadura de la zapata A de **10φ16**, con un armado real de 2010 mm² en cara inferior con un recubrimiento de 10 centímetros. De la misma forma se propone un armado **9φ16** para la zapata B, con un armado real de 1809 mm².

7.2. Viga portagradas

7.2.1. Dimensionamiento de la armadura a tracción simple

La viga portagradas de canto variable y espesor de 50 centímetros, donde se apoyan las vigas gradas prefabricadas con sección en L, se calcula de acuerdo a lo establecido por la EHE-08.

Para una viga de esta categoría y una categoría de exposición IIa, se recomienda un recubrimiento mínimo de 15 a 25 mm según la vida útil de la estructura, para el caso de 50 años, establecemos un recubrimiento mínimo de 15 milímetros.

En este caso, para simplificar los cálculos y asegurarnos el cumplimiento en el total de la viga de canto variable, calcularemos para la sección media en la total longitud de la viga, salvando los puntos en los que se adopta a la geometría, realizando un cálculo medio se considerará esta sección de 50x50 para asegurarnos del cumplimiento en el resto de las secciones.

La EHE-08 indica en el apartado 42.3.4 el cálculo a tracción simple:

$$Ap * f_{pd} + As * f_{yd} \geq P + Ac * f_{ct,m}$$

Al no existir pretensado se simplifica la fórmula a:

$$As * f_{yd} \geq Ac * f_{ct,m}$$

$$As, 1 * 434,78 \geq 500 * 500 * \left(0,3 * 40^{\frac{2}{3}}\right)$$

$$As, 1 \geq 2017,58 \text{ mm}^2$$

Tipo de elemento estructural	Tipo de acero		
	Aceros con $f_t = 400 \text{ N/mm}^2$	Aceros con $f_t = 500 \text{ N/mm}^2$	
Pilares	4,0	4,0	
Losas ⁽¹⁾	2,0	1,8	
Forjados unidireccionales	Nervios ⁽²⁾	4,0	
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios ⁽³⁾	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios ⁽³⁾	0,7	0,6
Vigas ⁽⁴⁾	3,3	2,8	
Muros ⁽⁵⁾	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

Ilustración 17. Cuantía geométrica mínima. (Fuente: EHE)

La cuantía geométrica mínima correspondiente a tracción en tanto por 1000 según el artículo 42.3.5, para una viga de con acero de 500 N/mm² de resistencia es 2,8.

$$A_{s,t} = \frac{2,8}{1000} * 500 * 500 = 700 \text{ mm}^2$$

Se recomienda disponer en la cara sometida a compresión, el 30% de la asignada a tracción:

$$A_{s,c} = \frac{30}{100} * 350 = 210 \text{ mm}^2$$

El valor de cuantía mínima se ha establecido en 2017,58, al ser mayor que la determinada a tracción y compresión se opta por disponer las armaduras superior e inferior de una cuantía mínima de 1008,29 mm².

Para cumplir dicha limitación se dispone de 12 barras de 16 milímetros de diámetro divididas 6 en la parte superior y 6 más en la parte inferior, **12Ø16**, con un área de 2412 mm².

7.2.2. Dimensionamiento de la armadura a compresión

Una vez se ha calculado la armadura necesaria a tracción, se comprobará que la armadura seleccionada cumpla a compresión, siguiendo lo establecido en el apartado 42.3 de la EHE-08.

$$A_p * f_{pd} * \frac{dp}{ds} + A_s * f_{yd} \geq \frac{W_1}{z} * f_{ct,m,fl} + \frac{P}{z} * \left(\frac{W_1}{A} + e \right)$$

Eliminando los términos del pretensado se queda:

$$A_s * f_{yd} \geq \frac{W_1}{z} * f_{ct,m,fl}$$

Siendo:

A_s : Área de la armadura pasiva

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero de la armadura

W_1 : Módulo resistente de la sección bruta

z : Brazo mecánico de la sección ($z=0,8h$ a falta de un cálculo más preciso).

$f_{ct,m,fl}$: Resistencia media a flexotracción

En este caso se obtiene que el área de la armadura debe ser mayor a 422 mm² lo cual se cumple con la armadura dimensionada a tracción.

7.2.3. Dimensionamiento a cortante

El mayor cortante en la viga portagrasas es de 102,32 KN para la combinación ELU2.

El cálculo a cortante, se encuentra en el apartado 44.4 de la EHE-08, en el cual se indican los cálculos a realizar:

$$V_{rd} \leq V_{u1}$$

$$V_{rd} \leq V_{u2}$$

Siendo:

V_{rd} : el esfuerzo a cortante

V_{u1} : el esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua al alma

V_{u2} : el esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma

$$V_{u1} = K * f_{1cd} * b_0 * d * \frac{\cotg\theta + \cotg\alpha}{1 + \cotg^2\theta}$$

Para:

$\theta = 45^\circ$: ángulo entre bielas de compresión

$\alpha=90^\circ$: ángulo de las armadura con ejes de la pieza

$$f_{1cd}=0,6f_{cd}$$

$$d=500-15-8=477\text{mm}$$

Mediante esta fórmula se obtiene un valor de V_{u1} igual a 3053,18 KN, lo cual es con mucho margen superior al cortante en la viga.

Para el cálculo del esfuerzo cortante de agotamiento en el alma se sigue el apartado 44.2.3.2.2 de la EHE-08

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$$

Donde V_{su} es la contribución de la armadura transversal del alma a la resistencia a esfuerzo cortante:

$$V_{su} = z * \text{sen}\alpha * (\cotg\alpha + \cotg\theta) \sum A_a * f_{y\alpha,d}$$

Siendo:

A_a : el área por unidad de longitud de cada grupo de armaduras que forman un ángulo α con la directriz de la pieza,

$f_{y\alpha,d}$: la resistencia de cálculo de la armadura: σ_{sd} en el caso de armaduras pasivas

z : el brazo mecánico 0,9 $d=429,3$ mm

V_{cu} : es la contribución del hormigón a la resistencia a esfuerzo cortante:

$$V_{cu} = \left[\frac{0,15}{\gamma_c} \varepsilon (100\rho_i * f_{cv})^{1/3} + 0,15\sigma'_{cd} \right] \beta * b_0 * d$$

Siendo:

f_{cv} : Resistencia efectiva del hormigón a cortante en N/mm²: $f_{cv}=f_{ck} \leq 15\text{N/mm}^2$

σ'_{cd} : tensión axial media en el alma de la sección.

$$\sigma'_{cd} = \frac{Nd}{Ac} < 0,3f_{cd} \approx 12\text{MPa} = \frac{62833}{0,5 * 0,5} = 2,51\text{MPa} < 8\text{MPa}$$

ρ_i : cuantía geométrica de la armadura longitudinal principal de tracción, pasiva y activa adherente, anclada a una distancia igual o mayor que d a partir de la sección de estudio, tal que:

$$\rho_i = \frac{A_s + A_p}{b_o * d} = 0,0074 \leq 0,02$$

B=1

$$\varepsilon = \sqrt{1 + \frac{200}{d}} = 1,19$$

Tras la resolución de la fórmula se obtiene $V_{cu}=120,760$ KN.

Por tanto, al ser superior la contribución del hormigón a cortante, será suficiente con disponer una cuantía mínima de armadura a cortante, establecida por la EHE-08, en el artículo 44.2.3.4.1:

$$\sum \frac{A\alpha * f_{y\alpha,d}}{\text{sen}\alpha} \geq \frac{f_{ct,m}}{7,5} * b$$

$$\sum A\alpha * 434,78 > \frac{3,51 * 500}{7,5}$$

$$A\alpha > 0,5381 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Será suficiente disponer de armaduras **12 milímetros** de diámetro. Como el cortante es menor de un 20% de V_{u1} , se dispondrá de una separación máxima entre armaduras de 0,375 metros.

7.2.4. Comprobación a fisuración

En el apartado 49.2 se indica la comprobación a fisuración, para el que se precisa del mayor esfuerzo flector de servicio, el cual se produce para la combinación ELS2 y es 48,69 KNm.

Se ha de comprobar:

$$wk \leq w_{max}$$

Siendo:

w_k : Abertura característica de fisura

$w_{m\acute{a}x}$: Abertura máxima de fisura definida en la tabla 5.1.1.2 de la EHE-08.

Tabla 5.1.1.2

Clase de exposición, según artículo 8º	$w_{m\acute{a}x}$ [mm]	
	Hormigón armado (para la combinación cuasipermanente de acciones)	Hormigón pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
I	0,4	0,2
IIa, IIb, H	0,3	0,2 ⁽¹⁾
IIIa, IIIb, IV, F, Qa ⁽²⁾	0,2	Descompresión
IIIc, Qb ⁽²⁾ , Qc ⁽²⁾	0,1	

Ilustración 18. Abertura máxima para una fisura. (Fuente: EHE)

$$wk \leq 0,3$$

$$wk = \beta * sm * \varepsilon sm$$

Siendo:

β : Coeficiente que relaciona la abertura media de fisura con el valor característico (1,3)

sm : separación media de fisuras, expresada en mm:

$$sm = 2 * c + 0,2 * s + 0,4k1 * \frac{\phi A_{c, eficaz}}{A_s}$$

C: Recubrimiento de las armaduras traccionadas (23mm en este caso)

S: distancia entre barras (83mm)

K1: Coeficiente que representa la influencia del diagrama de tracciones de la sección. 0,125 para nuestro caso

ϕ : Diámetro de la barra traccionada más gruesa 16 mm.

$A_{c, eficaz}$: área del hormigón en la zona de recubrimiento. (62.500 mm²)

A_s : sección total de las armaduras situadas en $A_{c, eficaz}$ (1005 mm²)

$$sm = 2 * 23 + 0,2 * 83 + 0,4 * 0,125 * \frac{16 * 62500}{10500} = 67,36 \text{ mm}$$

εsm : Alargamiento medio de las armaduras, teniendo en cuenta la colaboración del hormigón entre fisuras.

$$\varepsilon sm = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - k2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \geq \frac{0,4\sigma_s}{E_s}$$

K2: un coeficiente con valor 1 para cargas instantáneas y 0,5 para el resto.

Es: módulo longitudinal del acero.

σ_s : tensión de servicio de la armadura pasiva.

$$\sigma_s = \frac{Med * m * (d - xn)}{I_f} = 144,03 \text{ N/mm}^2$$

σ_{sr} : tensión de la armadura en la sección fisurada en el instante que se produce la fisuración.

$$\sigma_{sr} = \frac{Med * m * (d - xn)}{I_f} = 21,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_{sm} = 0,00068 \geq 0,000274$$

$$wk = 1,3 * 67,36 * 0,00068 = 0,0595 \leq 0,3 \text{ mm}$$

Por tanto, la viga grada cumple a fisuración.

8. Pilares

Cada pórtico dispone de dos pilares de distinta altura, ambos con una sección cuadrada de 40x40 y sometidos a axil, flector y cortante.

Sus propiedades mecánicas son las siguientes.

Section Name		pilares	
Properties			
Cross-section (axial) area	0.16	Section modulus about 3 axis	0.0107
Moment of Inertia about 3 axis	2.133E-03	Section modulus about 2 axis	0.0107
Moment of Inertia about 2 axis	2.133E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.016
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.016
Shear area in 2 direction	0.1333	Radius of Gyration about 3 axis	0.1155
Shear area in 3 direction	0.1333	Radius of Gyration about 2 axis	0.1155
Torsional constant	3.605E-03	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Ilustración 19. Geometría del perfil de los pilares. (Fuente: Elaboración propia)

Los cálculos, al igual que en apartados anteriores, se realizarán siguiendo las instrucciones de la EHE-08.

Se realiza en primer lugar una proposición para comprobar:

La EHE-08 indica en el apartado 42.3.4 el cálculo a tracción simple:

$$A_p * f_{pd} + A_s * f_{yd} \geq P + A_c * f_{ct,m}$$

Al no existir pretensado se simplifica la fórmula a:

$$A_s * f_{yd} \geq A_c * f_{ct,m}$$

$$A_{s,1} * 434,78 \geq 400 * 400 * \left(0,3 * 40^{\frac{2}{3}}\right)$$

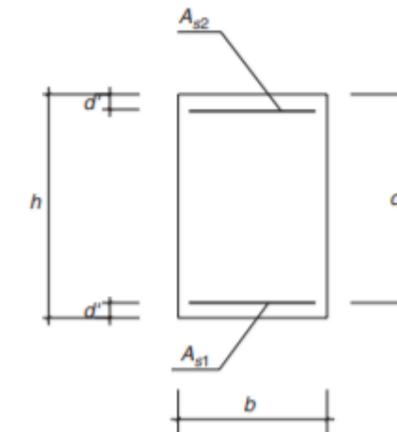
$$A_{s,1} \geq 1291,25 \text{ mm}^2$$

Se propone un armado de **12 ϕ 12mm**, distribuidos 3 en cada cara, con un recubrimiento nominal de 15 milímetros.

$$A_{s,2} \geq 678,58 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,2} \geq 678,58 \text{ mm}^2$$

En primer lugar se comprobará que los cálculos se pueden simplificar de acuerdo a el anejo 7 de la EHE-08.



Para ello ha de cumplirse:

$$\frac{d'}{d} \leq 0,2$$

$$\frac{d'}{h} \geq 0,8$$

En nuestro caso:

$$d = 40 - 1,5 - 0,6 = 37,9 \text{ cm}$$

$$d' = 1,5 + 0,6 = 2,1 \text{ cm}$$

$$d/d = 0,055 < 0,2$$

$$d'/h=0,9475>0,8$$

Por tanto, se puede seguir el método simplificado establecido en el Anejo 7 de la EHE-08.

$$f_{cd} = acc * \frac{f_{cd}}{\gamma_c} = 26,67 \text{ KN/m}^2$$

$$U_0 = f_{cd} * b * d = 40,43 \text{ KN}$$

$$U_v = 2 * U_0 * \frac{d'}{d} = 76,62 \text{ KN}$$

$$U_a = U_0 * \frac{h}{d} = f_{cd} * b * h = 42,65 \text{ KN}$$

8.2.1. Comprobación a flexión compuesta

Pilar A

El máximo axil en este pilar se produce para la combinación ELU2 el cual es de 200,08 KN y el momento máximo de 44,77 KNm.

Para la comprobación se tiene:

$$e_0 = \frac{M_{ed}}{N_{ed}} = 0,223$$

$$U_{s1} = U_{s2} = A_{s1} * f_{yd} = 295,033 \text{ KN}$$

$$m_1 = -0,5U_0 * e_0 + (U_{s1} + U_{s2}) * \frac{d-d'}{2} + 0,125U_0 * (d + 2d') = 101,68 \text{ KN}$$

$$m_2 = -(U_{s2} + 0,8U_0) * e_0 + U_{s2} * \frac{d-d'}{2} + 0,85U_0 * (d + 5d') = -34,00 \text{ KN}$$

$$\alpha = \frac{0,480m_1 - 0,375m_2}{m_1 - m_2} = 0,453$$

Nos encontramos en el caso 3º donde:

$$U_{s1}(d - d') + 0,125U_0 * (d + 2d' - 4e_0) > 0$$

$$N_u = \frac{U_{s1} * (d - d') + \alpha U_0 d}{e_0 + 0,5(d - d')} = 227,55 \text{ KN}$$

$$M_u = N_u * e_0 = 71,91 \text{ KN}$$

Como tanto el momento último como el axil último son superiores a los esfuerzos máximos, no es necesario aumentar la armadura en este pilar.

Pilar B

El máximo axil en este pilar se produce para la combinación ELU2 el cual es de 145,41 KN y el momento máximo de 42,87 KNm.

Para la comprobación se tiene:

$$e_0 = \frac{M_{ed}}{N_{ed}} = 0,295$$

$$U_{s1} = U_{s2} = A_{s1} * f_{yd} = 295,033 \text{ KN}$$

$$m_1 = -0,5U_0 * e_0 + (U_{s1} + U_{s2}) * \frac{d-d'}{2} + 0,125U_0 * (d + 2d') = 101,62 \text{ KN}$$

$$m_2 = -(U_{s2} + 0,8U_0) * e_0 + U_{s2} * \frac{d-d'}{2} + 0,85U_0 * (d + 5d') = -34,99 \text{ KN}$$

$$\alpha = \frac{0,480m_1 - 0,375m_2}{m_1 - m_2} = 0,453$$

Nos encontramos en el caso 3º donde:

$$U_{s1}(d - d') + 0,125U_0 * (d + 2d' - 4e_0) > 0$$

$$N_u = \frac{U_{s1} * (d - d') + \alpha U_0 d}{e_0 + 0,5(d - d')} = 226,03 \text{ KN}$$

$$M_u = N_u * e_0 = 72,103 \text{ KN}$$

Como tanto el momento último como el axil último son superiores los esfuerzos máximos, no es necesario aumentar la armadura en este pilar.

8.2.2. Comprobación a cortante de los pilares

Los cortantes máximos a los que están sometidos los pilares A y B son 17,4 KN y 20,75KN, respectivamente.

Las comprobaciones a realizar son la siguiente, planteando en primera instancia la posibilidad de que no se disponga de armadura a cortante en ambos pilares.

$$V_{rd} \leq V_{u1}$$

$$V_{rd} \leq V_{u2}$$

Siendo:

V_{rd} : el esfuerzo a cortante

V_{u1} : el esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua al alma

V_{u2} : el esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma

$$Vu1 = K * f1cd * b * d * \frac{cotg\theta + cotg\alpha}{1 + cotg^2\theta} = 1212,8 \text{ KN}$$

Para:

$\theta = 45^\circ$: ángulo entre bielas de compresión

$\alpha=90^\circ$: ángulo de las armadura con ejes de la pieza

$$K=1$$

$$F1cd=0,6fcd=0,6*26,66=16\text{N/mm}^2$$

$$d=379\text{mm}$$

$$Vu2 = \frac{0,18}{\gamma_c} \varepsilon(100\rho_i * f_{cv})^{1/3} + 0,15\sigma'_{cd} * b_o * d$$

Con un valor mínimo de:

$$Vu2 = \frac{0,075}{\gamma_c} \varepsilon^{3/2} * f_{cv}^{1/2} + 0,15\sigma'_{cd} * b_o * d$$

Siendo:

Fcv: Resistencia efectiva del hormigón a cortante 40 N/mm²

σ'_{cd} : tensión axial media en el alma de la sección. (0,3fcd=(Mpa)

$\varepsilon=1.24$

ρ_i : la cuantía de la armadura principal a tracción.

$$\rho_i = \frac{1291.85}{400 * 400} = 0,004035$$

El valor del cortante de agotamiento por tracción en el alma es de 1819 KN lo que no se ve superado en ningún caso por los cortantes a los que están sometidos los pilares. Por tanto, únicamente habrá que disponer de la cuantía mínima de armadura a cortante, establecida por la EHE-08, en el artículo 44.2.3.4.1:

$$\sum \frac{A\alpha * f_{y\alpha,d}}{s\alpha} \geq \frac{f_{ct,m}}{7,5} * b$$

$$\sum A\alpha * 434,78 > \frac{3,51 * 400}{7,5}$$

$$A\alpha > 0,4305 \text{ mm}^2/\text{m}$$

La separación máxima por su parte al ser el cortante Ved menor que un 20% de Vu1, deberá ser un 75% del ancho de la sección, por tanto la armaduras estarán separadas un máximo de 30 centímetros.

Como se cumple holgadamente la armadura mínima para un diámetro de 12 milímetros, se dispondrá de **armaduras de 12mm separadas 30 centímetros en ambos pilares**, reduciéndose esa distancia en los extremos.

8.2.3. Estabilidad de los soportes

Pilar A

La estabilidad de los pilares se comprobará de acuerdo al artículo 43 de la EHE-08.

La estabilidad de los soportes se asegura cuando la esbeltez límite inferior es mayor a la esbeltez mecánica.

El cálculo de la esbeltez límite inferior se establece en la EHE 09, calculándose de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\lambda_{inf} = 35 \sqrt{\frac{C}{V} * \left[1 + \frac{0,24}{\frac{e2}{H}} + 3,4 \left(\frac{e1}{e2} - 1 \right)^2 \right]} \geq 100$$

Siendo:

- V: axil adimensional o reducido de cálculo que solicita el soporte

$$v = \frac{Ned}{Ac * fcd} = \frac{200080}{400 * 400 * 26,67} = 0,0469$$

- e2: : excentricidad de primer orden en el extremo del soporte con mayor momento, considerada positiva.

$$e2 = \frac{44,77}{200,08} = 0,223$$

- e1: : excentricidad de primer orden en el extremo del soporte con menor momento:

$$e1 = \frac{-27,53}{200,08} = -0,137$$

- C=0,24 para el caso de armadura simétrica en caras opuestas de flexión

La esbeltez mecánica de este pilar se calcula como

$$\lambda = \alpha * \sqrt{\frac{L^2 * Ac}{Im}} = 0,5 * \sqrt{\frac{2,15^2 * 0,5 * 0,5}{0,5 * \frac{0,5^3}{12}}} = 14,23$$

Como el valor de la esbeltez límite inferior es de 100 y por tanto, superior a la esbeltez mecánica, no se consideran efectos de segundo orden para el pilar A.

Pilar B

En este caso la esbeltez mecánica es igual a:

$$\lambda = 0,5 * \sqrt{\frac{4,5^2 * 0,5 * 0,5}{0,5 * \frac{0,5^3}{12}}} = 7,44$$

Para el cálculo de la esbeltez límite inferior tenemos que:

$$v = \frac{145410}{400 * 400 * 26,67} = 0,034$$

$$e2 = \frac{42,87}{133,08} = 0,29$$

$$e2 = -\frac{2}{145,41} = 0,0137$$

Para el pilar B la esbeltez mecánica es inferior a la esbeltez límite por lo que no es necesario calcular efectos de segundo orden.

9. Estructura de la cubierta

9.1. Cálculo de la cimentación

Para el cálculo del armado de las cimentaciones de los pilares HEB 240 de acero, se toma la combinación ELU 1 de la cubierta que resulta más desfavorable para el cálculo.

En esta comprobación se tienen las siguientes solicitaciones al nivel de la zapata.

	Zapata c	Zapata d
Axil (KN)	57,66	56,99
Cortante (KN)	0,5	0,5
Momento flector (KN.M)	1,8	1,8

Dadas las similitudes entre los esfuerzos en ambos niveles se procederá para ambas zapatas con los esfuerzos más desfavorables, los de la zapata c.

La EHE establece en el artículo 42.3.3 que las secciones sometidas a compresión simple deben cumplir que:

$$As * fyd \leq 0,05Nd$$

$$As, a * 400 \leq 0,05 * 57660$$

$$As, c = As, d \leq 7,2 \text{ mm}^2$$

$$As * fyd \geq 0,05fcd * Ac$$

$$As * 400 \geq 0,05 * \frac{40}{1,5} * 1000 * 600$$

$$As, c = As, d \geq 2.000 \text{ mm}^2$$

Para la cuantía de cálculo se emplea el método de bielas y tirantes:

La tensión transmitida al terreno es:

$$\vartheta = \frac{Q + N}{A}$$

$$\vartheta, c = \vartheta, d = \frac{70,5}{1 * 1} = 70,5$$

El tirante se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Td = \frac{R1d * x1}{2 * 0,85 * d}$$

Siendo:

d: el canto útil de la sección 0,6-0,1=0,5m en ambos casos

x1: La posición del centro de gravedad del bloque de tensiones B/4

R1d: la resultante del bloque de tensiones

$$R1d = \vartheta * \frac{A}{2} = 70,5 \text{ KN}$$

$$Td, c = Td, d = \frac{70,5 * 0,25}{2 * 0,85 * 0,5} = 20,735 \text{ KN}$$

La cuantía de acero necesaria es igual a:

$$As = \frac{Td}{fyd} = 51,83 \text{ mm}^2$$

Se establece que la cuantía mínima debe ser de un 0,18% de la sección de hormigón lo que sería una cuantía de 1.080 mm².

Por tanto, se propone un armadura para ambas zapatas de **10φ12**, con un armado real de 1130 mm² en cara inferior con un recubrimiento de 10 centímetros.

9.2. Comprobación

Para el dimensionamiento de la cubierta formada por pórticos con pilares de altura 7,5 y 7,9 metros y luz de 12,5 metros y vigas de sección IPE sobre las que se apoya la cubierta autoportante formada principalmente por chapa metálica de acero S250, se ha dimensionado la estructura en el programa SAP 2000.

La estructura deberá cumplir las restricciones de flecha y deformación siguientes.

La flecha máxima para los pilares con una luz máxima de 12,5 metros, es:

$$f_{max} = \frac{12,5}{300} = 0,0417 \text{ metros}$$

Los pilares tiene una altura de 7 y 7,40 metros, respectivamente lo que permite una deformaciones máximas de:

$$h_{max, a} = \frac{7,5}{500} = 0,015 \text{ metros}$$

$$h_{max, a} = \frac{7,9}{500} = 0,0158 \text{ metros}$$

El dimensionamiento de los pilares debe ser tal que no sobrepase dichas deformaciones.

Empleando el programa SAP 2000 se ha diseñado la estructura y se han optimizado las secciones de los pilares, vigas cubiertas, vigas transversales y dobles diagonales hasta alcanzar las secciones mínimas que cumplan los requisitos de estabilidad con la comprobación de todas las hipótesis de estados límites último y estados límite de servicio.

La combinación más desfavorable es la hipótesis ELU 1 que considera las cargas permanentes y la sobrecarga de uso de la cubierta que no se combina con otros esfuerzos variables

La estructura se ha sometido a análisis de diseño de estructuras del programa SAP 2000 para los requisitos del Eurocódigo optimizándose el dimensionamiento.

La secciones que componen la estructura están definidas en el ANEJO 4 "Estudio de la solución adoptada":

- Pilares HEB 240
- Vigas cubiertas de sección variable IPE270-IPE200
- Vigas transversales IPE 200
- Dobles diagonales en planta y alzado IPE 200
- Cubierta de chapa de acero de 1 mm

Los desplazamientos y giros en el pórtico central para combinación más desfavorable (ELU 1) son los siguientes:

		X	y	z
94 (cabeza pilar D)	Desplazamiento	7,46 x10 ^{^-6}	-0,0001	-0,0004
	Rotación	6,48x10 ^{^-9}	-1,53x10 ^{^-6}	-4,76x10 ^{^-7}
95 (cabeza pilar C)	Desplazamiento	4,57 x10 ^{^-6}	-0,0001	-0,0004
	Rotación	7,22x10 ^{^-9}	1,73x10 ^{^-6}	-5,38x10 ^{^-7}

Como se puede apreciar no se alcanzan las deformaciones máximas para el dimensionamiento realizado.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

APÉNDICE



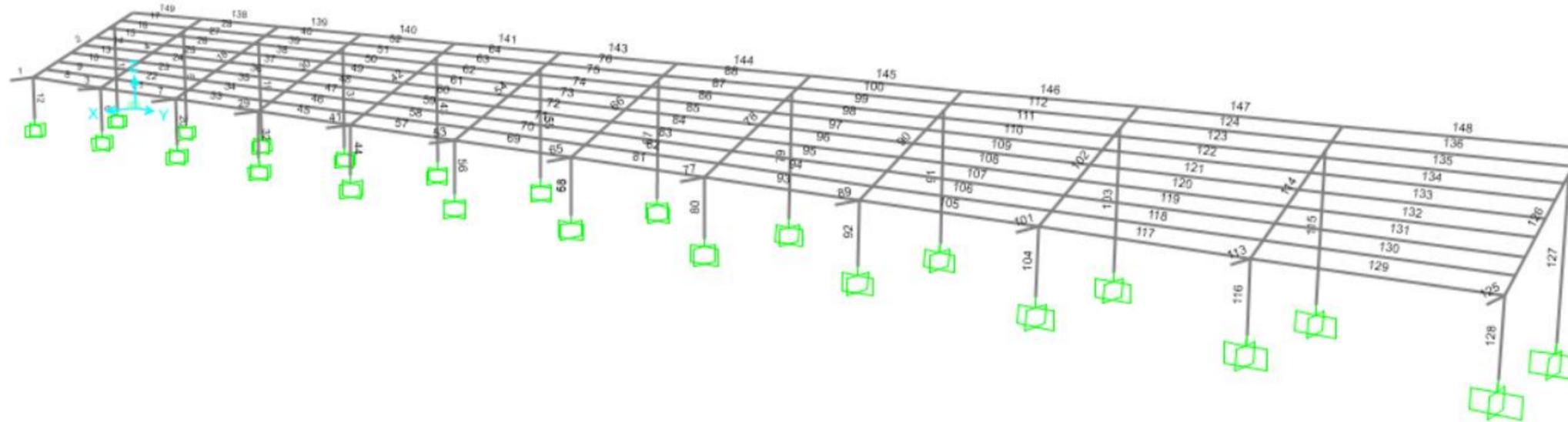
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

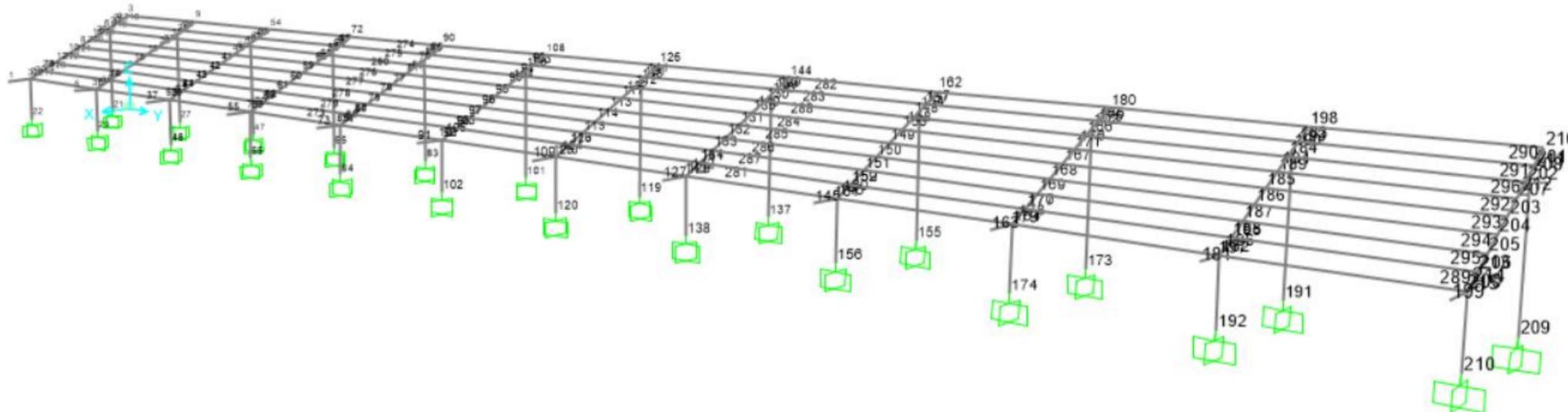


Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

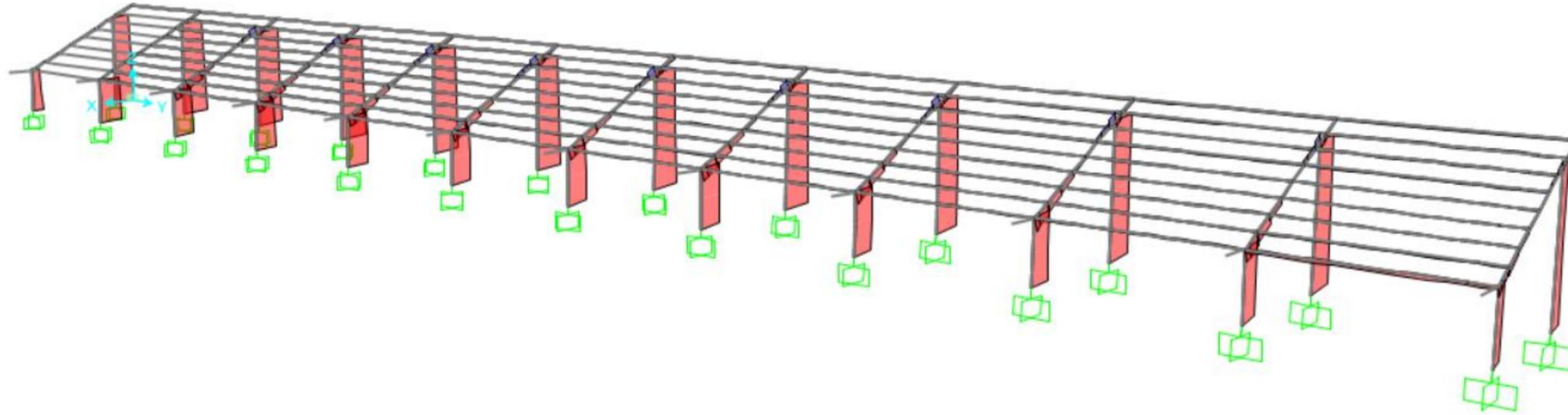
A.1. Denominación de los elementos en SAP 2000



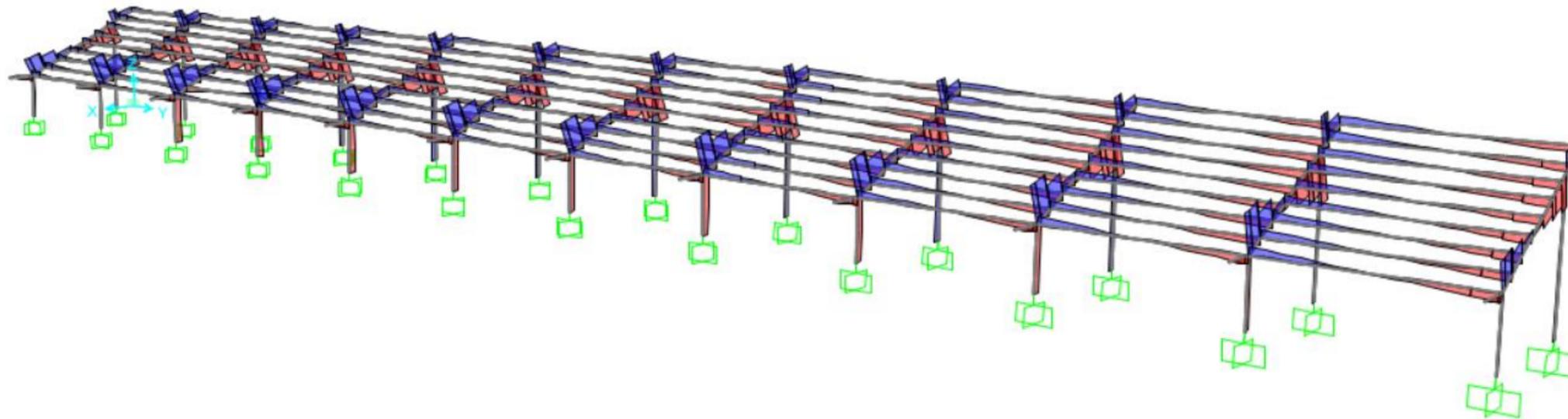
A.2. Denominación de las uniones y cimentaciones en SAP 2000



A.3. Distribución de esfuerzo axiles para combinación ELU2 en SAP 2000

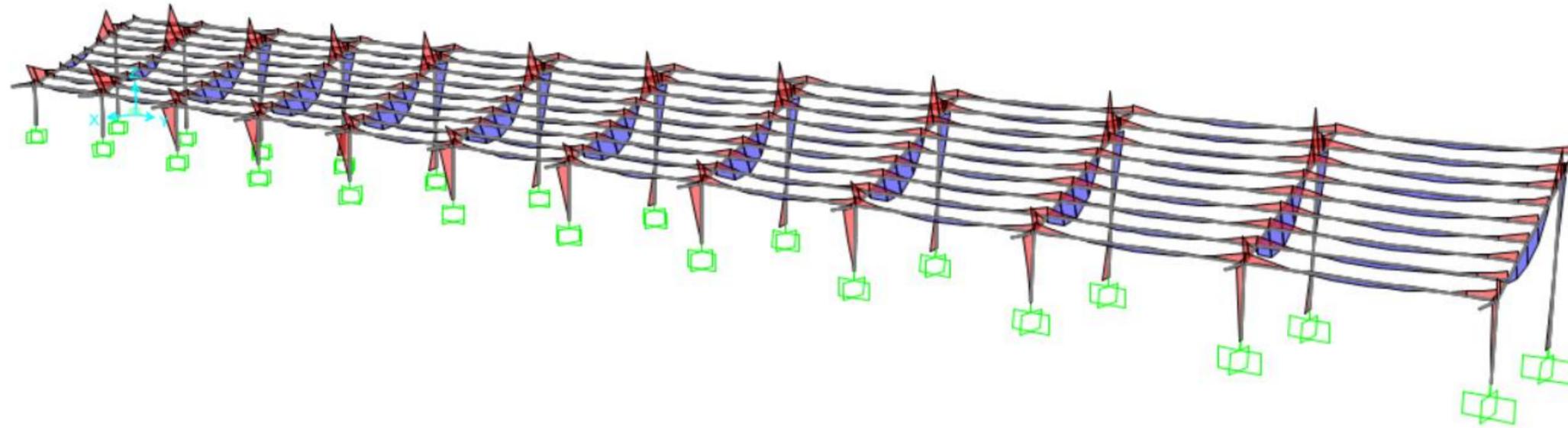


A.4. Distribución de esfuerzo cortantes para combinación ELU2 en SAP 2000

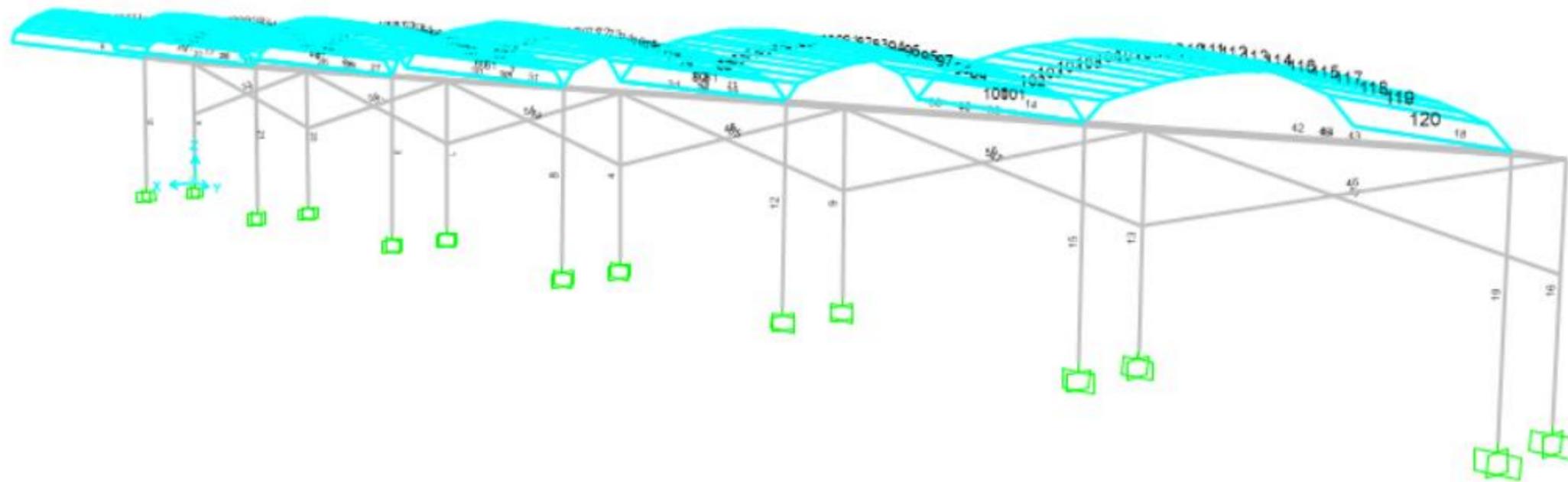




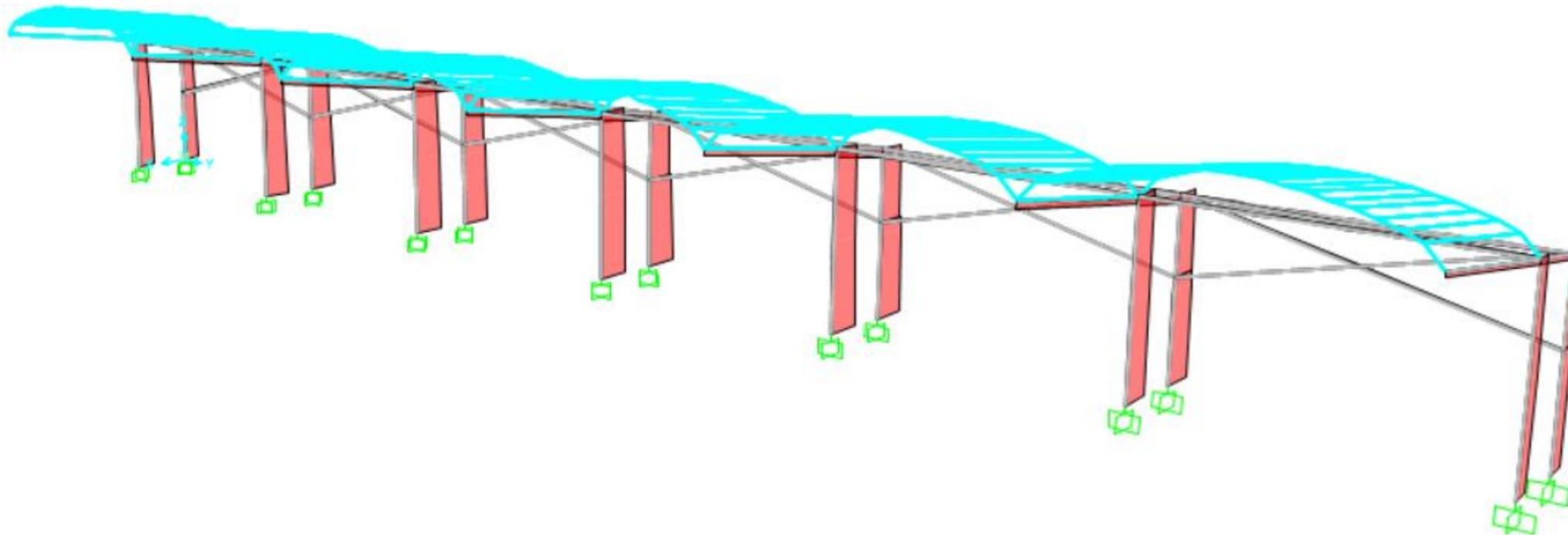
A.5. Distribución de momento flector para combinación ELU2 en SAP 2000



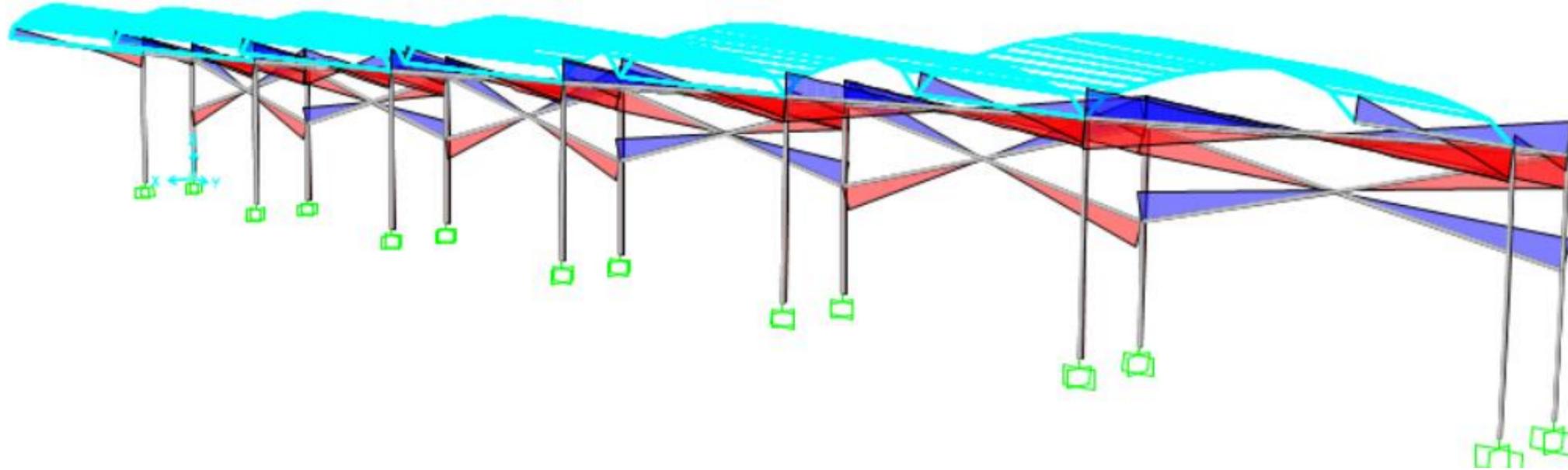
A.6. Denominaciones de los elementos de la cubierta



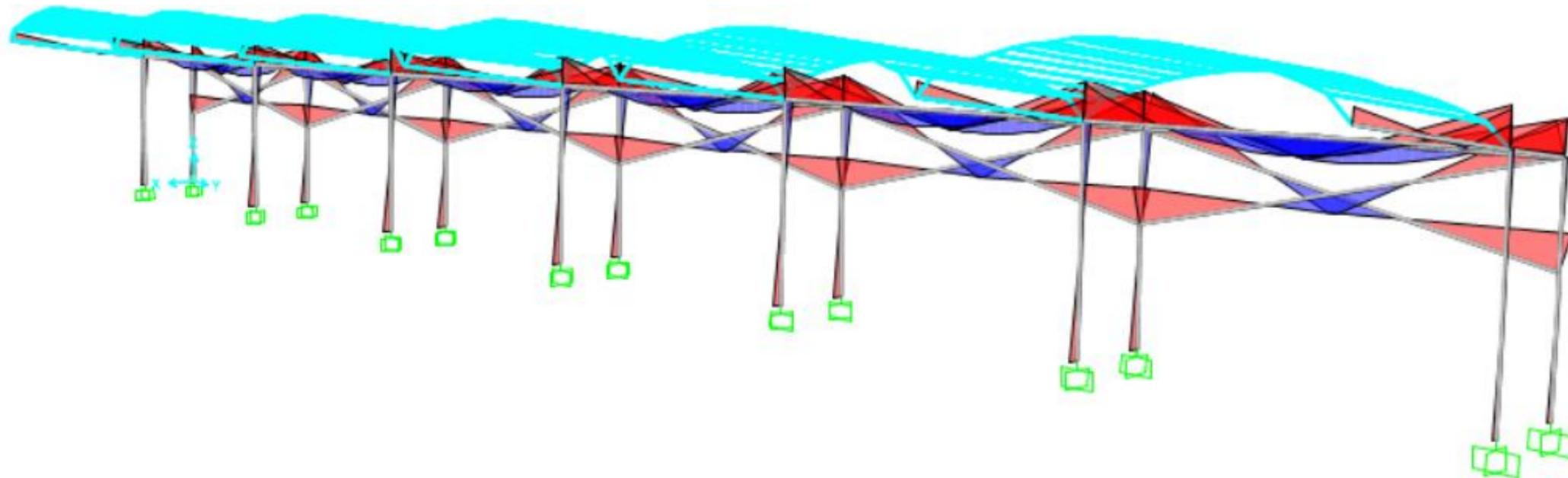
A.7. Distribución de axil para combinación ELU 1 de la cubierta en SAP 2000



A.8. Distribución de cortante para la combinación ELU 1 de la cubierta en SAP 2000



A.9. Distribución de momento flecto para la combinación ELU 1 de la cubierta en SAP 2000





A.10. Desplazamientos y giros para ELS en nodos relevantes del graderío (uniones pilar-viga portagradas)

Punto	Combinación	Uz	Ux	Uy	Rz	Rx	Ry
2	ELS1	0.000019	-0.000015	-0.000019	-0.000003	-0.000012	0.000013
7	ELS1	-0.000067	-0.000015	-0.000042	-0.000003	-0.000012	0.000013
20	ELS1	-0.000013	-0.000072	-0.000083	-0.000003	-0.000012	0.000013
25	ELS1	-0.000098	-0.000072	-0.000105	-0.000003	-0.000012	0.000013
38	ELS1	-0.000334	-0.000012	-0.000037	0.000003	-0.000434	0.000019
46	ELS1	-0.000362	-0.000086	-0.000106	0.000009	0.000328	0.000009
56	ELS1	-0.000389	-0.000024	-0.000037	0.000002	-0.000460	0.000014
64	ELS1	-0.000418	-0.000099	-0.000108	-0.000004	0.000341	0.000016
74	ELS1	-0.000395	-0.000043	-0.000038	0.000051	-0.000470	-0.000015
82	ELS1	-0.000424	-0.000119	-0.000110	0.000072	0.000351	-0.000023
92	ELS1	-0.000375	-0.000048	-0.000037	0.000030	-0.000449	0.000001
100	ELS1	-0.000404	-0.000135	-0.000107	0.000030	0.000333	0.000000
110	ELS1	-0.000375	-0.000057	-0.000037	0.000037	-0.000449	0.000001
118	ELS1	-0.000404	-0.000157	-0.000107	0.000039	0.000333	-0.000003
128	ELS1	-0.000395	-0.000066	-0.000038	0.000019	-0.000472	0.000016
136	ELS1	-0.000424	-0.000183	-0.000110	0.000002	0.000354	0.000018
146	ELS1	-0.000388	-0.000090	-0.000037	0.000065	-0.000457	-0.000007
154	ELS1	-0.000417	-0.000222	-0.000108	0.000070	0.000338	-0.000014
164	ELS1	-0.000381	-0.000112	-0.000037	0.000066	-0.000451	0.000001
172	ELS1	-0.000410	-0.000264	-0.000107	0.000062	0.000333	-0.000005
182	ELS1	-0.000428	-0.000150	-0.000036	0.000070	-0.000470	0.000006
190	ELS1	-0.000458	-0.000312	-0.000109	0.000044	0.000339	0.000012
200	ELS1	-0.000210	-0.000258	-0.000027	0.000415	-0.000283	-0.000234
208	ELS1	-0.000229	-0.000379	-0.000074	0.000666	0.000229	-0.000304
218	ELS1	-0.000219	-0.000077	-0.000916	-0.001623	-0.000017	0.000453
2	ELS2	0.000041	-0.000018	-0.000021	-3.72E-06	-0.000013	0.000012
7	ELS2	-0.000043	-0.000018	-0.000046	-0.000004	-0.000013	0.000012
20	ELS2	0.000008	-0.000073	-0.000087	-0.000004	-0.000013	0.000012
25	ELS2	-0.000076	-0.000073	-0.000112	-0.000004	-0.000013	0.000012
38	ELS2	-0.000325	-0.000014	-0.000041	0.000003	-0.000467	0.000020
46	ELS2	-0.000353	-0.000090	-0.000113	0.000009	0.000369	0.000010
56	ELS2	-0.000384	-0.000027	-0.000041	0.000004	-0.000494	0.000014
64	ELS2	-0.000412	-0.000105	-0.000114	-0.000003	0.000382	0.000016
74	ELS2	-0.000390	-0.000047	-0.000042	0.000054	-0.000505	-0.000015
82	ELS2	-0.000419	-0.000128	-0.000116	0.000074	0.000392	-0.000023



ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

Punto	Combinación	Uz	Ux	Uy	Rz	Rx	Ry
92	ELS2	-0.000370	-0.000053	-0.000040	0.000033	-0.000484	0.000001
100	ELS2	-0.000398	-0.000148	-0.000113	0.000033	0.000374	-0.000001
110	ELS2	-0.000370	-0.000063	-0.000040	0.000041	-0.000484	0.000001
118	ELS2	-0.000398	-0.000173	-0.000113	0.000043	0.000374	-0.000004
128	ELS2	-0.000390	-0.000073	-0.000042	0.000023	-0.000507	0.000016
136	ELS2	-0.000418	-0.000202	-0.000117	0.000006	0.000395	0.000018
146	ELS2	-0.000383	-0.000099	-0.000040	0.000070	-0.000491	-0.000007
154	ELS2	-0.000411	-0.000246	-0.000114	0.000075	0.000379	-0.000014
164	ELS2	-0.000376	-0.000123	-0.000040	0.000073	-0.000486	0.000001
172	ELS2	-0.000405	-0.000293	-0.000113	0.000069	0.000374	-0.000006
182	ELS2	-0.000429	-0.000165	-0.000040	0.000077	-0.000507	0.000007
190	ELS2	-0.000458	-0.000347	-0.000115	0.000049	0.000381	0.000013
200	ELS2	-0.000200	-0.000284	-0.000029	0.000460	-0.000297	-0.000258
208	ELS2	-0.000218	-0.000422	-0.000076	0.000731	0.000249	-0.000333
218	ELS2	-0.000219	-0.000077	-0.001021	-0.001824	-0.000018	0.000503
2	ELS3	0.000016	-0.000015	-0.000019	-0.000003	-0.000012	0.000013
7	ELS3	-0.000070	-0.000015	-0.000042	-0.000003	-0.000012	0.000013
20	ELS3	-0.000016	-0.000072	-0.000083	-0.000003	-0.000012	0.000013
25	ELS3	-0.000102	-0.000072	-0.000105	-0.000003	-0.000012	0.000013
38	ELS3	-0.000338	-0.000012	-0.000037	0.000003	-0.000435	0.000019
46	ELS3	-0.000366	-0.000086	-0.000106	0.000009	0.000329	0.000009
56	ELS3	-0.000393	-0.000024	-0.000037	0.000002	-0.000461	0.000014
64	ELS3	-0.000422	-0.000099	-0.000108	-0.000004	0.000341	0.000016
74	ELS3	-0.000399	-0.000043	-0.000038	0.000051	-0.000471	-0.000015
82	ELS3	-0.000429	-0.000119	-0.000110	0.000072	0.000352	-0.000023
92	ELS3	-0.000379	-0.000048	-0.000037	0.000030	-0.000450	0.000001
100	ELS3	-0.000408	-0.000135	-0.000107	0.000030	0.000333	0.000000
110	ELS3	-0.000380	-0.000057	-0.000037	0.000037	-0.000450	0.000001
118	ELS3	-0.000408	-0.000157	-0.000107	0.000039	0.000333	-0.000003
128	ELS3	-0.000399	-0.000066	-0.000038	0.000019	-0.000474	0.000016
136	ELS3	-0.000428	-0.000183	-0.000110	0.000002	0.000354	0.000018
146	ELS3	-0.000392	-0.000090	-0.000037	0.000065	-0.000458	-0.000007
154	ELS3	-0.000421	-0.000222	-0.000108	0.000070	0.000338	-0.000014
164	ELS3	-0.000385	-0.000112	-0.000037	0.000066	-0.000452	0.000001
172	ELS3	-0.000414	-0.000264	-0.000107	0.000062	0.000334	-0.000005
182	ELS3	-0.000432	-0.000150	-0.000036	0.000070	-0.000471	0.000006
190	ELS3	-0.000462	-0.000312	-0.000109	0.000044	0.000340	0.000012



ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

Punto	Combinación	Uz	Ux	Uy	Rz	Rx	Ry
200	ELS3	-0.000214	-0.000258	-0.000027	0.000415	-0.000284	-0.000234
208	ELS3	-0.000233	-0.000379	-0.000074	0.000666	0.000230	-0.000304
218	ELS3	-0.000222	-0.000077	-0.000917	-0.001623	-0.000017	0.000453
2	ELS4	0.000021	-0.000018	-0.000019	-0.000003	-0.000012	0.000014
7	ELS4	-0.000071	-0.000018	-0.000042	-0.000003	-0.000012	0.000014
20	ELS4	-0.000011	-0.000081	-0.000083	-0.000003	-0.000012	0.000014
25	ELS4	-0.000103	-0.000081	-0.000105	-0.000003	-0.000012	0.000014
38	ELS4	-0.000339	-0.000015	-0.000037	0.000005	-0.000436	0.000019
46	ELS4	-0.000368	-0.000095	-0.000107	0.000011	0.000330	0.000009
56	ELS4	-0.000395	-0.000027	-0.000037	0.000004	-0.000462	0.000014
64	ELS4	-0.000424	-0.000108	-0.000108	-0.000002	0.000343	0.000016
74	ELS4	-0.000401	-0.000046	-0.000038	0.000053	-0.000473	-0.000015
82	ELS4	-0.000430	-0.000128	-0.000110	0.000074	0.000353	-0.000023
92	ELS4	-0.000381	-0.000052	-0.000037	0.000032	-0.000451	0.000001
100	ELS4	-0.000410	-0.000145	-0.000107	0.000032	0.000335	-0.000001
110	ELS4	-0.000381	-0.000061	-0.000037	0.000039	-0.000452	0.000001
118	ELS4	-0.000410	-0.000168	-0.000107	0.000041	0.000335	-0.000004
128	ELS4	-0.000400	-0.000071	-0.000038	0.000022	-0.000475	0.000016
136	ELS4	-0.000430	-0.000195	-0.000110	0.000005	0.000356	0.000018
146	ELS4	-0.000393	-0.000095	-0.000037	0.000068	-0.000459	-0.000007
154	ELS4	-0.000423	-0.000236	-0.000108	0.000073	0.000340	-0.000014
164	ELS4	-0.000387	-0.000118	-0.000036	0.000071	-0.000453	0.000001
172	ELS4	-0.000416	-0.000280	-0.000107	0.000066	0.000335	-0.000006
182	ELS4	-0.000433	-0.000158	-0.000036	0.000075	-0.000473	0.000006
190	ELS4	-0.000464	-0.000331	-0.000109	0.000048	0.000342	0.000011
200	ELS4	-0.000217	-0.000269	-0.000027	0.000421	-0.000286	-0.000235
208	ELS4	-0.000236	-0.000401	-0.000074	0.000669	0.000232	-0.000305
218	ELS4	-0.000218	-0.000086	-0.000917	-0.001623	-0.000017	0.000454
2	ELS5	0.000012	-0.000008	-0.000019	-0.000003	-0.000012	0.000012
7	ELS5	-0.000067	-0.000008	-0.000042	-0.000003	-0.000012	0.000012
20	ELS5	-0.000020	-0.000061	-0.000083	-0.000003	-0.000012	0.000012
25	ELS5	-0.000099	-0.000061	-0.000106	-0.000003	-0.000012	0.000012
38	ELS5	-0.000338	-0.000007	-0.000037	0.000000	-0.000436	0.000020
46	ELS5	-0.000366	-0.000076	-0.000107	0.000007	0.000330	0.000010
56	ELS5	-0.000395	-0.000020	-0.000037	0.000000	-0.000463	0.000014
64	ELS5	-0.000424	-0.000089	-0.000108	-0.000007	0.000343	0.000016
74	ELS5	-0.000401	-0.000039	-0.000038	0.000049	-0.000473	-0.000015



ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

Punto	Combinación	Uz	Ux	Uy	Rz	Rx	Ry
82	ELS5	-0.000430	-0.000110	-0.000110	0.000070	0.000353	-0.000023
92	ELS5	-0.000381	-0.000045	-0.000037	0.000028	-0.000452	0.000001
100	ELS5	-0.000410	-0.000127	-0.000107	0.000028	0.000335	0.000000
110	ELS5	-0.000381	-0.000054	-0.000037	0.000035	-0.000452	0.000001
118	ELS5	-0.000410	-0.000149	-0.000107	0.000037	0.000335	-0.000003
128	ELS5	-0.000400	-0.000063	-0.000038	0.000017	-0.000475	0.000016
136	ELS5	-0.000430	-0.000174	-0.000110	0.000000	0.000356	0.000018
146	ELS5	-0.000394	-0.000086	-0.000037	0.000063	-0.000459	-0.000007
154	ELS5	-0.000423	-0.000213	-0.000108	0.000068	0.000340	-0.000014
164	ELS5	-0.000387	-0.000108	-0.000036	0.000064	-0.000453	0.000001
172	ELS5	-0.000416	-0.000254	-0.000107	0.000060	0.000335	-0.000005
182	ELS5	-0.000433	-0.000146	-0.000036	0.000067	-0.000473	0.000006
190	ELS5	-0.000464	-0.000301	-0.000109	0.000041	0.000342	0.000012
200	ELS5	-0.000216	-0.000253	-0.000027	0.000412	-0.000286	-0.000234
208	ELS5	-0.000234	-0.000367	-0.000074	0.000664	0.000232	-0.000304
218	ELS5	-0.000226	-0.000065	-0.000917	-0.001623	-0.000017	0.000452
2	ELS6	0.000050	-0.000017	-0.000020	-0.000003	-0.000011	0.000009
7	ELS6	-0.000012	-0.000017	-0.000041	-0.000003	-0.000011	0.000009
20	ELS6	0.000022	-0.000056	-0.000077	-0.000003	-0.000011	0.000009
25	ELS6	-0.000040	-0.000056	-0.000098	-0.000003	-0.000011	0.000009
38	ELS6	-0.000247	-0.000011	-0.000037	0.000002	-0.000397	0.000017
46	ELS6	-0.000269	-0.000072	-0.000098	0.000007	0.000329	0.000008
56	ELS6	-0.000298	-0.000022	-0.000037	0.000000	-0.000421	0.000013
64	ELS6	-0.000321	-0.000085	-0.000100	-0.000008	0.000341	0.000015
74	ELS6	-0.000304	-0.000039	-0.000038	0.000049	-0.000431	-0.000015
82	ELS6	-0.000327	-0.000106	-0.000101	0.000068	0.000352	-0.000023
92	ELS6	-0.000284	-0.000044	-0.000037	0.000027	-0.000410	0.000001
100	ELS6	-0.000307	-0.000122	-0.000098	0.000027	0.000333	0.000000
110	ELS6	-0.000284	-0.000052	-0.000037	0.000034	-0.000410	0.000001
118	ELS6	-0.000307	-0.000143	-0.000098	0.000035	0.000333	-0.000003
128	ELS6	-0.000304	-0.000060	-0.000038	0.000015	-0.000434	0.000016
136	ELS6	-0.000327	-0.000167	-0.000102	-0.000002	0.000355	0.000018
146	ELS6	-0.000297	-0.000082	-0.000037	0.000060	-0.000418	-0.000007
154	ELS6	-0.000320	-0.000205	-0.000099	0.000066	0.000338	-0.000013
164	ELS6	-0.000290	-0.000102	-0.000037	0.000061	-0.000412	0.000001
172	ELS6	-0.000313	-0.000244	-0.000098	0.000057	0.000334	-0.000004
182	ELS6	-0.000336	-0.000136	-0.000036	0.000063	-0.000431	0.000007



ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

Punto	Combinación	Uz	Ux	Uy	Rz	Rx	Ry
190	ELS6	-0.000360	-0.000291	-0.000100	0.000040	0.000340	0.000012
200	ELS6	-0.000161	-0.000234	-0.000027	0.000384	-0.000262	-0.000214
208	ELS6	-0.000176	-0.000354	-0.000069	0.000606	0.000229	-0.000275
218	ELS6	-0.000167	-0.000060	-0.000866	-0.001535	-0.000015	0.000419
2	ELS7	0.000009	-0.000011	-0.000018	-0.000002	-0.000010	0.000010
7	ELS7	-0.000057	-0.000011	-0.000034	-0.000002	-0.000010	0.000010
20	ELS7	-0.000018	-0.000055	-0.000072	-0.000002	-0.000010	0.000010
25	ELS7	-0.000084	-0.000055	-0.000087	-0.000002	-0.000010	0.000010
38	ELS7	-0.000267	-0.000008	-0.000031	0.000001	-0.000342	0.000015
46	ELS7	-0.000290	-0.000065	-0.000088	0.000007	0.000262	0.000007
56	ELS7	-0.000314	-0.000017	-0.000031	-0.000003	-0.000365	0.000013
64	ELS7	-0.000338	-0.000074	-0.000089	-0.000010	0.000274	0.000016
74	ELS7	-0.000320	-0.000033	-0.000032	0.000045	-0.000375	-0.000015
82	ELS7	-0.000344	-0.000090	-0.000091	0.000065	0.000284	-0.000023
92	ELS7	-0.000300	-0.000036	-0.000030	0.000022	-0.000354	0.000001
100	ELS7	-0.000324	-0.000101	-0.000088	0.000022	0.000266	0.000000
110	ELS7	-0.000300	-0.000042	-0.000031	0.000027	-0.000354	0.000000
118	ELS7	-0.000324	-0.000117	-0.000088	0.000029	0.000266	-0.000003
128	ELS7	-0.000320	-0.000047	-0.000032	0.000007	-0.000378	0.000016
136	ELS7	-0.000344	-0.000135	-0.000091	-0.000009	0.000287	0.000019
146	ELS7	-0.000313	-0.000067	-0.000031	0.000051	-0.000362	-0.000007
154	ELS7	-0.000337	-0.000165	-0.000089	0.000056	0.000271	-0.000013
164	ELS7	-0.000305	-0.000083	-0.000030	0.000049	-0.000356	0.000001
172	ELS7	-0.000328	-0.000196	-0.000088	0.000046	0.000266	-0.000004
182	ELS7	-0.000341	-0.000111	-0.000030	0.000051	-0.000371	0.000005
190	ELS7	-0.000366	-0.000232	-0.000089	0.000031	0.000271	0.000009
200	ELS7	-0.000185	-0.000192	-0.000024	0.000310	-0.000241	-0.000174
208	ELS7	-0.000201	-0.000282	-0.000065	0.000497	0.000198	-0.000227
218	ELS7	-0.000172	-0.000058	-0.000693	-0.001200	-0.000014	0.000335
2	ELS8	0.000017	-0.000017	-0.000018	-0.000002	-0.000010	0.000011
7	ELS8	-0.000060	-0.000017	-0.000034	-0.000002	-0.000010	0.000011
20	ELS8	-0.000010	-0.000069	-0.000072	-0.000002	-0.000010	0.000011
25	ELS8	-0.000086	-0.000069	-0.000087	-0.000002	-0.000010	0.000011
38	ELS8	-0.000270	-0.000013	-0.000031	0.000005	-0.000345	0.000015
46	ELS8	-0.000294	-0.000080	-0.000088	0.000010	0.000265	0.000007
56	ELS8	-0.000316	-0.000023	-0.000031	0.000001	-0.000368	0.000013
64	ELS8	-0.000341	-0.000089	-0.000089	-0.000007	0.000277	0.000015



ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

Punto	Combinación	Uz	Ux	Uy	Rz	Rx	Ry
74	ELS8	-0.000322	-0.000039	-0.000032	0.000049	-0.000378	-0.000015
82	ELS8	-0.000347	-0.000105	-0.000091	0.000068	0.000287	-0.000023
92	ELS8	-0.000302	-0.000042	-0.000030	0.000026	-0.000357	0.000001
100	ELS8	-0.000327	-0.000118	-0.000088	0.000026	0.000269	0.000000
110	ELS8	-0.000303	-0.000049	-0.000030	0.000032	-0.000357	0.000001
118	ELS8	-0.000327	-0.000135	-0.000088	0.000034	0.000269	-0.000003
128	ELS8	-0.000322	-0.000055	-0.000032	0.000012	-0.000381	0.000016
136	ELS8	-0.000347	-0.000155	-0.000092	-0.000005	0.000290	0.000018
146	ELS8	-0.000315	-0.000076	-0.000031	0.000057	-0.000365	-0.000007
154	ELS8	-0.000340	-0.000188	-0.000089	0.000062	0.000274	-0.000013
164	ELS8	-0.000307	-0.000094	-0.000030	0.000056	-0.000358	0.000001
172	ELS8	-0.000331	-0.000223	-0.000088	0.000052	0.000269	-0.000004
182	ELS8	-0.000344	-0.000125	-0.000030	0.000059	-0.000374	0.000005
190	ELS8	-0.000369	-0.000264	-0.000089	0.000039	0.000274	0.000008
200	ELS8	-0.000188	-0.000210	-0.000024	0.000320	-0.000244	-0.000176
208	ELS8	-0.000205	-0.000319	-0.000065	0.000502	0.000201	-0.000227
218	ELS8	-0.000165	-0.000073	-0.000693	-0.001200	-0.000014	0.000337
2	ELS9	0.000002	0.000000	-0.000018	-0.000002	-0.000010	0.000008
7	ELS9	-0.000053	0.000000	-0.000034	-0.000002	-0.000010	0.000008
20	ELS9	-0.000025	-0.000036	-0.000072	-0.000002	-0.000010	0.000008
25	ELS9	-0.000080	-0.000036	-0.000088	-0.000002	-0.000010	0.000008
38	ELS9	-0.000268	0.000000	-0.000031	-0.000004	-0.000344	0.000016
46	ELS9	-0.000292	-0.000048	-0.000088	0.000002	0.000265	0.000008
56	ELS9	-0.000317	-0.000010	-0.000031	-0.000007	-0.000368	0.000013
64	ELS9	-0.000341	-0.000059	-0.000089	-0.000014	0.000277	0.000016
74	ELS9	-0.000322	-0.000027	-0.000032	0.000041	-0.000378	-0.000015
82	ELS9	-0.000347	-0.000075	-0.000091	0.000061	0.000287	-0.000023
92	ELS9	-0.000302	-0.000031	-0.000030	0.000018	-0.000357	0.000001
100	ELS9	-0.000327	-0.000087	-0.000088	0.000019	0.000269	0.000000
110	ELS9	-0.000303	-0.000037	-0.000030	0.000024	-0.000357	0.000000
118	ELS9	-0.000327	-0.000103	-0.000088	0.000026	0.000269	-0.000003
128	ELS9	-0.000322	-0.000042	-0.000032	0.000004	-0.000381	0.000016
136	ELS9	-0.000347	-0.000120	-0.000092	-0.000013	0.000290	0.000019
146	ELS9	-0.000315	-0.000061	-0.000031	0.000047	-0.000365	-0.000007
154	ELS9	-0.000340	-0.000150	-0.000089	0.000053	0.000274	-0.000013
164	ELS9	-0.000307	-0.000077	-0.000030	0.000045	-0.000358	0.000000
172	ELS9	-0.000332	-0.000180	-0.000088	0.000042	0.000269	-0.000003



ANEJO Nº 5: CÁLCULO ESTRUCTURAL

Punto	Combinación	Uz	Ux	Uy	Rz	Rx	Ry
182	ELS9	-0.000343	-0.000104	-0.000030	0.000046	-0.000374	0.000005
190	ELS9	-0.000368	-0.000214	-0.000089	0.000027	0.000274	0.000010
200	ELS9	-0.000187	-0.000183	-0.000024	0.000305	-0.000243	-0.000174
208	ELS9	-0.000204	-0.000262	-0.000065	0.000493	0.000201	-0.000227
218	ELS9	-0.000178	-0.000039	-0.000693	-0.001200	-0.000014	0.000334
		m	m	m	Radianes	Radianes	Radianes



ANEJO 6: PLAN DE TRABAJOS

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 6: PLAN DE TRABAJOS



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

Índice

1. Objeto.....	3
2. Actuaciones previas.....	3
3. Trabajos a realizar	3
3.1. Demolición de instalaciones anteriores y tratamiento de residuos	3
3.2. Movimiento de tierras.....	3
3.3. Cimentación.....	3
3.4. Elaboración y transporte de elementos prefabricados.....	3
3.5. Montaje de la estructura del graderío	3
3.6. Montaje de la cubierta	4
3.7. Instalaciones y mobiliario.....	4
4. Conclusión	4
A.1. DIAGRAMA DE GANT.....	5



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 6: PLAN DE TRABAJOS



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

1. Objeto

Este Trabajo Final de Máster para la titulación Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos tiene como objeto la redacción de un proyecto básico para la realización de la nueva estructura de una grada para el campo de fútbol del polideportivo de Villamarchante, localizado en la provincia de Valencia. Esta nueva grada localizada al norte del terreno de juego albergará los vestuarios en su interior y dispondrá de una cubierta cubriendo su total longitud.

El presente anejo enumera los distintos trabajos a realizar con objeto de completar la obra, así como estimar la duración de cada una de ellas y representarlos de forma esquematizada en un diagrama de Gantt.

2. Actuaciones previas

En primer lugar sería necesario disponer de un espacio delimitado con acceso para la maquinaria de gran tamaño, en este caso, el polideportivo ya cuenta con un espacio vallado que dispone de accesos que, concretamente están al lado del campo de fútbol, por lo que no será necesario plantear ninguna solución al respecto.

Al existir un acceso distinto para peatones, este se mantendrá activo para los usuarios que quieran acceder a otros servicios del polideportivo como pistas de tenis, pádel o piscina. El parking por su parte, estará fuera de servicio durante las obras, pudiendo aparcar los usuarios en la calle.

Se precisará advertir de las obras a realizar a los usuarios del polideportivo y señalizar todas las partes del polideportivo susceptibles de ser afectadas por las obras.

Finalmente, se instalarán almacenes temporales para la obra así como oficina, caseta de obra y vestuarios, además de otros servicios que sean necesarios. Existiendo espacio suficiente para todos ellos.

3. Trabajos a realizar

3.1. Demolición de instalaciones anteriores y tratamiento de residuos

En primer lugar, tras el tornado que derrumbó la anterior grada será necesario demoler la restante estructura del graderío y retirar todos los escombros producidos por el tornado.

El anterior graderío tenía una longitud de 96 metros y estaba situado al sur del terreno de juego. Al pretenderse ampliar el terreno de juego, se tendrá en cuenta para dejar el terreno preparado para el nuevo firme.

3.2. Movimiento de tierras

Para la realización de las obras será necesario vaciar la zona donde se va a instalar la nueva grada, retirando el pavimento y vaciando hasta una profundidad de 2,5 metros.

Se deberá retirar también al cimentación y pavimentos en la grada sur que se encuentra fuera de servicio para poder ampliar el campo de fútbol.

El vaciado se realizará con una retroexcavadora, mientras que un camión en el que se depositan los residuos con la ayuda de pala cargadora, transportará los residuos de obra a un vertedero.

3.3. Cimentación

Tras la realización del vaciado y las excavaciones se verterá una capa de 10 centímetros de hormigón para nivelación y limpieza.

La cimentación se realizará mediante zapatas aisladas in situ, vertiendo en primer lugar la capa de hormigón en masa, sobre de la cual se colocarán las armaduras. Finalmente se verterá el resto de hormigón para completar la zapata sobre estas armaduras.

Finalmente se procede al vibrado y curado del hormigón, mediante riego. Esta fase tendrá una duración de 5 días. El relleno posterior deberá dejar las esperas descubiertas además del espacio para muros.

3.4. Elaboración y transporte de elementos prefabricados

El hecho de que los elementos de la estructura sean prefabricados permite independizar la construcción de los mismos de la fase en la que se encuentre la realización de la obras, lo que permite que los elementos estén disponibles y contruidos al finalizar la fase previa a la instalación de los mismos.

Por tanto, los pilares deberán estar disponibles para cuando se haya instalado la cimentación, las vigas portagradas para cuando estén instalados los pilares y las vigas gradas para cuando estén instaladas las mismas.

La empresa encargada de la realización de los prefabricados será la que resulte más rentable de las que cumplan los plazos mínimos de entrega para que la obra pueda estar realizada en el mínimo tiempo posible y la grada pueda volver a ser accesible.

El polideportivo de Villamarchante es accesible para los vehículos entrando por la CV-37, ya sea por la A-3 o la AP-7 para las zonas situadas al este o al norte o sur, respectivamente.

La otra ruta, para los vehículos que vienen por el interior de la península, será por la CV-50, ruta que procede de la A-3.

Dado que las rutas permiten un transporte fluido desde la empresa elegida hasta la obra se procederá de forma que el almacenamiento en obra sea mínimo y que el transporte y las obras estén sincronizados, disminuyendo el tiempo total de realización de los trabajos.

3.5. Montaje de la estructura del graderío

El montaje de los pórticos comenzará con el montaje de los pilares A situados al norte y tras ellos los pilares B situados al sur, el orden entre los de la misma categoría será de oeste a este. Los pilares deberán estar disponibles nada más hayan finalizado los trabajos de cimentación.

Una vez instalados los pilares de todos los pórticos se procede a la colocación de las vigas portagradas sobre ellos, empezando por la localizada al oeste y finalizando por la localizada al este. Cabe destacar que las vigas portagradas deberán estar fabricadas y listas para ser montadas para cuando haya finalizado la instalación de los pilares.

Una vez se hayan formado los pórticos se podrán instalar los cerramientos perimetrales, dejando entre los pórticos centrales un espacio que permita la salida de los jugadores al terreno de juego.

El siguiente paso será la instalación de las vigas gradas. Se comenzará con las localizadas a menor cota, procediendo de oeste a este como en los casos anteriores y en orden ascendente, es decir de sur a norte. Cuando todas estén instaladas se podrán finalizar los cerramientos e instalar las escaleras laterales.

Para los trabajos será necesario disponer de una plataforma para poder realizar trabajos en altura.

3.6. Montaje de la cubierta

Una vez finalizada la estructura de la grada, para así evitar posibles riesgos para los trabajadores, se podrá continuar colocando los pilares de la cubierta que se soldarán a la placa de anclaje de la cimentación.

Para la colocación de las vigas que sujetarán la cubierta se esperará a que estén finalizadas las obras en el graderío para así evitar posibles riesgos. Estas vigas se soldarán a los pilares. Simultáneamente a su instalación se instalarán las vigas transversales entre pórticos así como las dobles diagonales. Todas las uniones de la estructura metálica serán soldadas.

Las vigas se anclarán a los pilares, así como los tirantes necesarios para asegurar la estructura. Se procederá en el mismo orden citado y se precisará de una plataforma elevadora para realizar los trabajos en altura.

3.7. Instalaciones y mobiliario

Con la estructura del graderío ya finalizada se procede a los trabajos de albañería, fontanería y electricidad que darán lugar a los vestuarios localizados debajo de las gradas.

A estos trabajos se suma la instalación de los asientos de las gradas que como se comentó en el Anejo 4 “Estudio de la solución adoptada” irán atornillados a las vigas gradas, así como otros detalles como letreros que darán lugar a la imagen característica del estadio.

4. Conclusión

Para la realización del plan de trabajo se han considerado semanas de trabajo de 5 días con 8 horas laborales, se considera el comienzo de las obras después de las vacaciones de navidad para que sea congruente con la fecha de exposición de este Trabajo Final de Máster. Por tanto, la fecha de comienzo prevista será el lunes 11 de enero de 2021 y la única festividad que influya en las obras, además de los fin de semanas será la festividad de San José del 19 de marzo. Los trabajos tendrán una duración de 12 semanas.

La obra será finalizada previsiblemente el 2 de abril de 2021. Dada la situación extraordinaria producida por la pandemia mundial del COVID-19, que ha producido que los eventos deportivos de esta categoría se produzcan sin público, todavía sin vacuna suministrada a la población no es previsible que este tipo de espectáculos vuelva a tener público para la fecha en la que finalizan las obras. Por tanto, al poder disputarse las competiciones en otros campos cercanos al municipio de Villamarchante y debiendo estar la grada vacía por un tiempo todavía indeterminado, la obra no necesita un plazo de finalización establecido.

El plan de trabajos completo, representado por un diagrama de Gantt se muestra en el apéndice de este documento.



A.1. DIAGRAMA DE GANTT

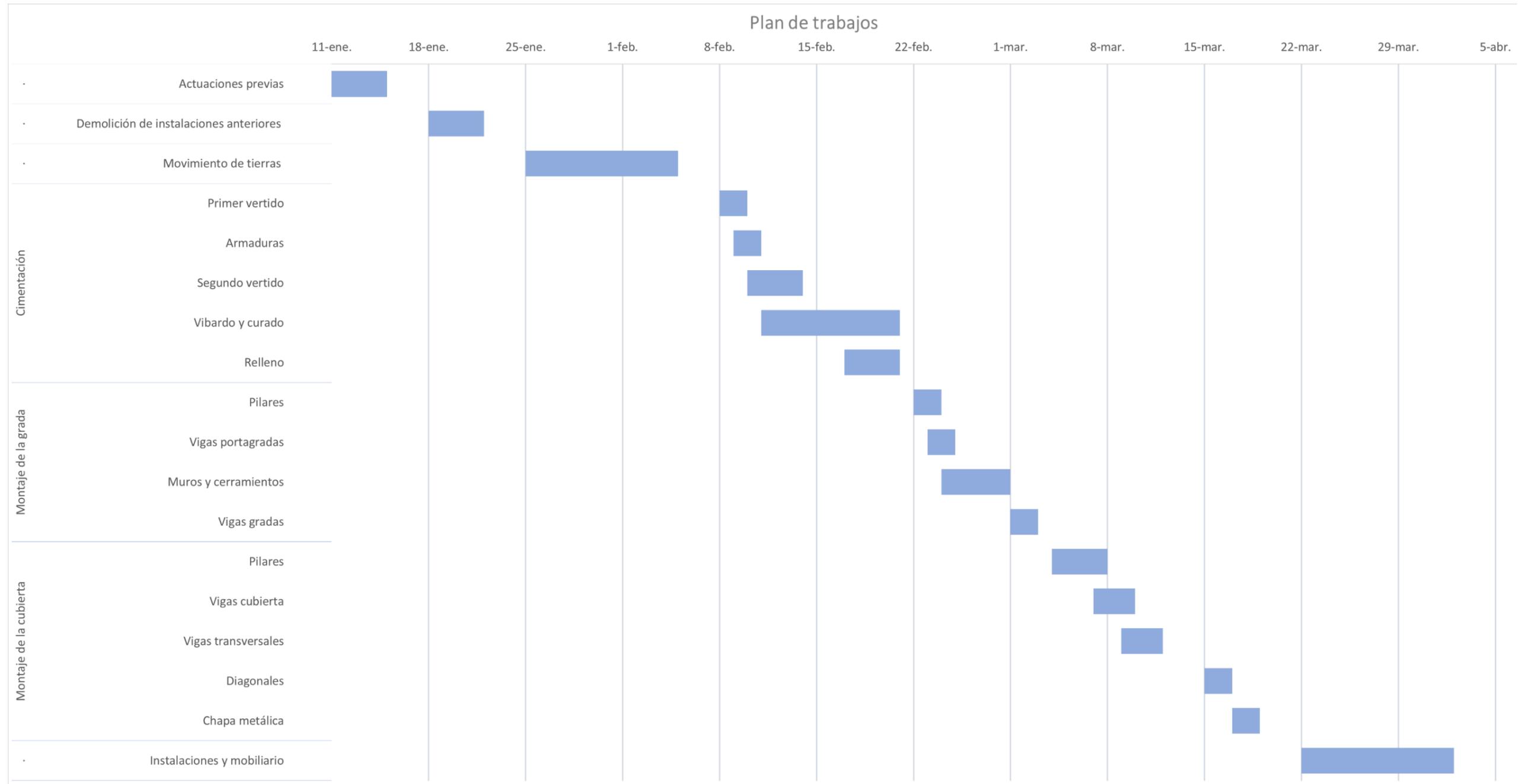


Ilustración 1. Diagrama de Gantt del plan de trabajos. (Fuente: Elaboración propia).



ANEJO 7: VALORACIÓN ECONÓMICA

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 7: VALORACIÓN ECONÓMICA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

Índice

1. Objeto.....	3
2. Capítulos.....	3
2.1. Capítulo 1: Actuaciones previas.....	3
2.2. Capítulo 2: Demoliciones y movimiento de tierras.....	3
2.3. Capítulo 3: Cimentación.....	3
2.4. Capítulo 4: Montaje de la estructura del graderío.....	3
2.5. Capítulo 5: Montaje de la cubierta.....	3
2.6. Capítulo 6: Instalaciones, mobiliario y acabados.....	3
3. Valoración económica.....	4
3.1. Capítulo 1: Actuaciones previas.....	4
3.2. Capítulo 2: Demoliciones y movimiento de tierras.....	6
3.3. Capítulo 3: Cimentación.....	7
3.4. Capítulo 4: Montaje de la estructura del graderío.....	8
3.5. Capítulo 5: Montaje de la cubierta.....	10
3.6. Capítulo 6: Instalaciones, mobiliario y acabados.....	11
4. Conclusión.....	13



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº 7: VALORACIÓN ECONÓMICA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

1. Objeto

Este Trabajo Final de Máster para la titulación Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos tiene como objeto la construcción de la nueva estructura del graderío del campo de fútbol del polideportivo de Villamarchante, localizado en la provincia de Valencia. El proyecto se centra en la realización de una nueva grada norte que albergue los vestuarios debajo del esta y una cubierta que cubra la total longitud del graderío.

El presente anejo estima el presupuesto previsto para la realización de la obra en su totalidad, dividiendo en capítulos establecido por el Anejo nº6: Plan de Trabajos. El presupuesto obtenido en este documento será orientativo debido a que se deben establecer los proveedores finales y las distintas empresas encargadas de los prefabricados.

En los capítulos en los que se divide el documento se considerará tanto la maquinaria como la mano de obra a utilizar.

2. Capítulos

2.1. Capítulo 1: Actuaciones previas

Corresponde a las actuaciones previas al comienzo de la obra como son la delimitaciones y la instalaciones de oficinas, almacenes, vestuarios y caseta de obra para la correcta ejecución y seguimiento de esta.

Además se deberá indicar que el parking no estará disponible durante la ejecución de las obras.

2.2. Capítulo 2: Demoliciones y movimiento de tierras

Corresponde a las actuaciones necesarias para retirar las estructuras existentes que impiden la realización de la obra, como son los antiguos vestuarios que pasarán a situarse en el interior del graderío, así como la demolición de lo que reste de la estructura de la grada sur que se encuentra fuera de servicio.

Se incluyen los trabajos de excavación para poder localizar la nueva estructura del graderío así como retirar el antiguo pavimento.

2.3. Capítulo 3: Cimentación

Corresponde a las actividades necesarias para la colocación de la cimentación sobre la que se colocarán los pilares que formarán la estructura del graderío.

Estas actividades comprenden el vertido de hormigón de limpieza, la colocación de las armaduras y uniones, el vertido del resto del hormigón, vibrado, curado y relleno posterior.

2.4. Capítulo 4: Montaje de la estructura del graderío

Corresponde a todas las actividades desde la fabricación de las piezas prefabricadas, su transporte y su montaje, incluyendo las uniones, elemento no estructurales y acabados.

Las piezas de hormigón prefabricado encargadas serán los pilares, vigas portagradas, vigas grada, escalones en las gradas y escaleras laterales.

2.5. Capítulo 5: Montaje de la cubierta

Corresponde a todas las actividades necesarias para la construcción de la estructura de la cubierta incluyendo el montaje de los pilares, las vigas y las chapas metálicas.

2.6. Capítulo 6: Instalaciones, mobiliario y acabados

Corresponde a los trabajos de albañería, fontanería y electricidad que darán lugar a los vestuarios localizados debajo de las gradas, así como la instalaciones de los asientos del graderíos y acabados como el caso de letreros.



3. Valoración económica

3.1. Capítulo 1: Actuaciones previas

CÓDIGO	UD.	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Construcción de caseta provisional para almacén					
UO1	Ud.	Ejecución, desmontaje y demolición posterior de caseta provisional para almacén en obra.	1	222,53	222,54
Alquiler de aseos portátiles					
UO2	Ud.	Mes de alquiler de aseo portátil de polietileno. Incluso limpieza y mantenimiento del aseo durante el periodo de alquiler.	8	117,5	940,0
Alquiler de vestuarios prefabricados					
UO3	Ud.	Mes de alquiler de caseta prefabricada para vestuarios en obra, de 9,8 metros cuadrados. Incluso la limpieza y el mantenimiento de la caseta durante el periodo de alquiler.	4	92,26	369,04
Alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficinas					
UO4	Ud.	Mes de alquiler de caseta prefabricada para despacho de oficinas, de 10,4 metros cuadrados. Incluso la limpieza y el mantenimiento de la caseta durante el periodo de alquiler.	4	113,11	452,44
Transporte de caseta prefabricada					
UO5	Ud.	Transporte de caseta prefabricada hasta distancia de 200 kilómetros.	4	252,86	1011,44
Señales provisionales de obra					
UO6	Ud.	Señal provisional de obra de chapa de acero galvanizado, de peligro, triangular, L=70 cm, reflectante, con caballete portátil de acero galvanizado.	14	12,56	175,84
Estación de higiene por COVID-19					
UO7	Ud.	Estación de higiene, de 60x60x160 cm, para colocar las cajas de guantes y mascarillas, dosificador de gel hidroalcohólico viricida, rellenable de	1	151,98	151,98



ANEJO Nº 7: VALORACIÓN ECONÓMICA

accionamiento manual, contenedor, de 40 l de capacidad, de polipropileno, con pedal de apertura de tapa

U08	Ud.	Dosificador de gel hidroalcohólico viricida, mural, de accionamiento manual Dosificador de gel hidroalcohólico viricida, mural, de accionamiento manual, de 1 l de capacidad, de polipropileno, transparente, de 11,5x9,5x19 cm. Incluso elementos de fijación. El precio no incluye el producto desinfectante.	4	15,67	62,68
-----	-----	---	---	-------	-------

IMPORTE TOTAL DEL CAPÍTULO 1: **3.385,95€: TRES MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS.**



3.2. Capítulo 2: Demoliciones y movimiento de tierras

CÓDIGO	UD.	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Demolición de grada sur					
U09	m3	Demolición de los restos de as grada sur, incluso carga en camión para transporte a vertedero	740,02	15,67	11.596,11
Demolición de los vestuarios actuales					
U10	m3	Demolición de los vestuarios actuales del campo de fútbol que serán sustituidos por los subterráneos.	897,86	11,17	10.029,1
Excavación a cielo abierto con medio mecánicos					
U11	m3	Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados	1.500	3,19	4.785
Desbroce césped artificial y pavimento inferior					
U12	m2	Desbroce de césped artificial por medio mecánicos del campo de fútbol y terreno inferior para renovar.	6.087,41	2,34	14.244,54
Demolición mecánica de firme de hormigón					
U13	m3	Demolición del firme de hormigón existente en la zona del graderío antiguo hasta el nivel de las gravas 50cm. Sin incluir carga y transporte al vertedero	264,29	27,43	7.249,56
Transporte de residuos a vertedero					
U14	m3	Transporte mediante camión a un vertedero con tratamiento de residuos.	3.402,17	4,03	13.710,75

IMPORTE TOTAL DEL CAPÍTULO 2: **61.614,97€: SESENTA Y UN MIL SEISCIENTOS CATORCE EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS.**



3.3. Capítulo 3: Cimentación

CÓDIGO	UD.	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Hormigón de limpieza HM 20/P/40/ Ila					
U15	m3	Hormigón en masa HM 20/P/40/ Ila, elaborado en central para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado y colocación.	6,87	93,77	644,20
Zapata de cimentación de hormigón armado					
U16	m3	Zapata aislada de hormigón armado para cimentación fabricado en central, y vertido con bomba, y acero B 500 S. Incluso armaduras de espera del pilar y separadores. Incluso ferralla en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra.	37,84	155,46	5.882,23
Sistema de encofrado para zapatas de cimentación de hormigón armado					
U17	m2	Montaje de sistema de encofrado recuperable de madera, para zapata de cimentación, formado por tablonos de madera y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofraste para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.	120,16	17,35	2.084,78
Relleno en trasdós					
U18	m3	Relleno en trasdós de muro de hormigón, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación, y compactación en tongadas sucesivas de 30 cm de espesor máximo con pisón vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501.	26,2	6,89	180,52
Solera de hormigón					
U19	m2	Solera de hormigón en masa de 15 cm de espesor, realizada con hormigón en masa fabricado en central y vertido desde camión, extendido y vibrado. Incluso panel para la ejecución de juntas de dilatación.	585	16,31	9.541,35

IMPORTE TOTAL DEL CAPÍTULO 3: **18.333,07€: DEICIOCHO MIL TRESCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS CON SIETE CÉNTIMOS.**



3.4. Capítulo 4: Montaje de la estructura del graderío

CÓDIGO	UD.	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Pilar prefabricado de hormigón armado 40x40 y 4,5 metros de altura					
U20	Ud.	Pilar prefabricado de hormigón armado de sección de 40x40 centímetros y 4 metros de altura, para acabado visto de hormigón. Incluso unión a la cimentación	12	273,48	3.281,76
Pilar prefabricado de hormigón armado 40x40 y 2,15 metros de altura					
U21	Ud.	Pilar prefabricado de hormigón armado de sección de 40x40 centímetros y 1,65 metros de altura, para acabado visto de hormigón. Incluso unión a cimentación.	12	157,33	1.887,96
Viga prefabricada de hormigón armado encargada a medida					
U22	Ud.	Viga prefabricada de hormigón armado, con sección variable con una longitud aproximada de 8,8 metros, acabado visto de hormigón. Incluso unión a pilares.	12	1.186,23	14.234,76
Viga grada en L GN-80/40					
U23	m	Viga grada prefabricada de hormigón armado, con sección en L de 80 centímetros de huella y 40 centímetros de contrahuella, acabado de hormigón visto. Incluso unión entre ellas y a la viga.	600	84,51	50.706
Viga grada GN3-140/40					
U24	m	Viga grada prefabricada de hormigón armado, con sección en L de 1,40 centímetros de huella y 40 centímetros de contrahuella, acabado de hormigón visto. Incluso unión a otros elementos de la obra.	75	93,28	6.996
Peldaño prefabricado					
U25	m	Peldaño prefabricado apto para las viga grada, con una huella de 40 centímetros y una contrahuella de 20 centímetros. Incluso instalación	38,4	29,54	1.134,33
Escalera lateral prefabricada de hormigón armado					
U26	Ud.	Escalera de hormigón prefabricado formada por 6 peldaños de 30 centímetros de huella, 20 centímetros de contrahuella y una meseta final de 1 metro de	2	442,4	884,8



ANEJO Nº 7: VALORACIÓN ECONÓMICA

longitud. Anchura de 2 metro y canto de 15 centímetros. Incluso puesta en obra.						
Cerramientos						
U27	m2	Bloques de cerramiento de 20 centímetros de espesor, con cara vista de color gris y textura lisa. Constituido por bloques de 1,5 metros y 8,5 metros de longitud. Núcleo hormigonado con hormigón HA-35/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote. Incluso unión atornillada a otros elementos.	568,87	110,67	62.956,84	

IMPORTE TOTAL DEL CAPÍTULO 4: **141.885,00€: CIENTO CUARENTA Y UN MIL OCHOCIENTES OCHENTA Y CINCO EUROS.**



3.5. Capítulo 5: Montaje de la cubierta

CÓDIGO	UD.	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Pilares HEB 240 de acero S275					
U28	kg	Acero S275, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series HEB, imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra. Incluso soldaduras, cortes, despuntes, piezas especiales, placas de arranque, casquillos y elementos auxiliares de montaje.	13.178,88	1,65	21.745,15
Vigas de sección variable IPE 270-200 de acero S275					
U29	kg	Acero S275, en vigas formadas por piezas de sección variable con perfiles laminados en caliente de las series IPE acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. Incluso soldaduras, cortes, despuntes, piezas especiales, casquillos y elementos auxiliares de montaje.	3.382,77	2,37	8.017,16
Acero S275 para vigas transversales y diagonales IPE 200					
U30	kg	Acero S275, en vigas formadas por piezas simples con perfiles laminados en caliente de las series IPE acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. Incluso soldaduras, cortes, despuntes, piezas especiales, casquillos y elementos auxiliares de montaje.	6.918,912	1,62	11.208,64
Cubierta autoportante					
U31	m2	Cubierta curva autoportante con perfil autoportantes de chapa de acero galvanizado prelacado de 1 mm de espesor, acabado con pintura de poliéster, fijados mecánicamente a una estructura soporte. Incluso elementos de fijación de los perfiles autoportantes a la estructura, tornillos perforantes rosca-chapa para la unión de los perfiles autoportantes entre sí, tornillos autoperforantes para la fijación de los perfiles autoportantes a la estructura, remates, perfiles omega y perfil L soldado al perfil IPE para dar pendiente.	587,62	42,25	24.826,95

IMPORTE TOTAL DEL CAPÍTULO 5: **65.797,90€: SESENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS.**

3.6. Capítulo 6: Instalaciones, mobiliario y acabados

CÓDIGO	UD.	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO	IMPORTE (€)
Instalación de fontanería para cuarto húmedo					
U32	Ud.	Instalación interior de fontanería para cuarto de baño con dotación para: inodoro, lavabo sencillo, ducha con columna, bañera, realizada con polietileno reticulado para la red de agua fría y caliente.	14	458,58	6.420,12
Acometida de abastecimiento de agua potable					
U33	Ud.	Acometida enterrada para abastecimiento de agua potable, que une la red general de distribución de agua potable de la empresa suministradora con la instalación general del edificio, continua en todo su recorrido, colocada sobre lecho de arena de 15 cm de espesor, en el fondo de la zanja	10	248,22	2.482,2
Instalación de calefacción y aire acondicionado.					
U34	Ud.	Caldera mural mixta eléctrica para calefacción y aire acondicionado, incluso instalación para todas las habitaciones	1	2.101,54	2.101,54
Red de toma de tierra para estructura.					
U35	Ud.	Red de toma de tierra para estructura de hormigón del edificio con 90 m de conductor de cobre desnudo de 35 mm ² , y 2 picas.	1	568,57	568,57
Sistema de detección y alarma de incendios					
U36	Ud.	Sistema de detección y alarma de incendios, formado por central de detección automática de incendios, sirena interior con señal acústica, sirena exterior con señal óptica y acústica y canalización de protección de cableado fija en superficie formada por tubo de PVC. Incluso disposición de sistemas de extinción de fuegos.	1	2.594,08	2.594,08
Instalación de sistema de evacuación y saneamiento					
U37	Ud.	Sistema de evacuación de aguas y saneamiento. Incluso su instalación en todas las instalaciones necesarias, tubos y demás piezas que constituyan el sistema.	1	2.076,56	2.076,56



ANEJO Nº 7: VALORACIÓN ECONÓMICA

Banquillo de suplentes de 6 metros de longitud					
U38	Ud.	Banquillo de equipos con capacidad para 13 personas de grado profesional para instalaciones y campos deportivos. Aluminio reforzado con policarbonato inastillable de 5mm. Ligeros para facilitar el movimiento, de color seleccionable. Incluso anclaje al terreno.	2	4.869,76	9.739,52
Asientos de polipropileno CR2					
U39	Ud.	Asiento de polipropileno copolímero atornillado sobre la grada, con separación entre ejes de 50 cm, modelo CR2 DAPLAST de color amarillo y negro a partes iguales. Incluso su instalación en el graderío.	1.288	6,49	8.359,12
Barandilla de fachada de aluminio					
U40	m	Barandilla en forma recta de fachada de aluminio de color natural, de 80 cm de altura formada por: bastidor compuesto de barandal superior e inferior de perfil circular y montantes de perfil cuadrado de 40x40 mm con una separación de 100 cm entre ellos; tubos intermedios de diámetro 16 mm y pasamanos de 50 mm de diámetro, fijada mediante atornillado en obra de fábrica.	121,4	95,60	11.605,84
Barandilla de vidrio 3kn					
U41	m	Barandillas de solo vidrio extrafuerte 3KN con un grosor de 25 milímetros, altura de 80 centímetros y un pasamanos de acero inoxidable	75	311,61	23.370,75

IMPORTE TOTAL DEL CAPÍTULO 6: **23.955,39€: VEINTITRES MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**

4. Conclusión

CAPÍTULO	VALORACIÓN ECONÓMICA (€)	PORCENTAJE
Capítulo 1: Actuaciones previas	3.385,95	0,92 %
Capítulo 2: Demoliciones y movimiento de tierras	61.614,97	17,09 %
Capítulo 3: Cimentación	18.333,07	5,08 %
Capítulo 4: Graderío	142.082,46	39,41 %
Capítulo 5: Cubierta	65.797,90	9,10 %
Capítulo 6: Instalaciones, mobiliario y acabados	69.318,30	28,40 %
TOTAL	360.532,65	100 %

Por tanto, la valoración económica antes de aplicar los porcentajes de gastos generales, beneficio industria e IVA es de : **360.532,65 €: TRESCIENTOS SESENTA MIL QUINIENTOS TREINTA Y DOS EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.**

CAPÍTULO	VALORACIÓN ECONÓMICA (€)
TOTAL SIN G.G, B.I, I.V.A	360.532,65
13% GASTOS GENERALES	46.869,24
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	21.631,96
TOTAL SIN I.V.A	429.033,85
21% I.V.A	90.097,11
VALORACIÓN ECONÓMICA FINAL	519.130,96

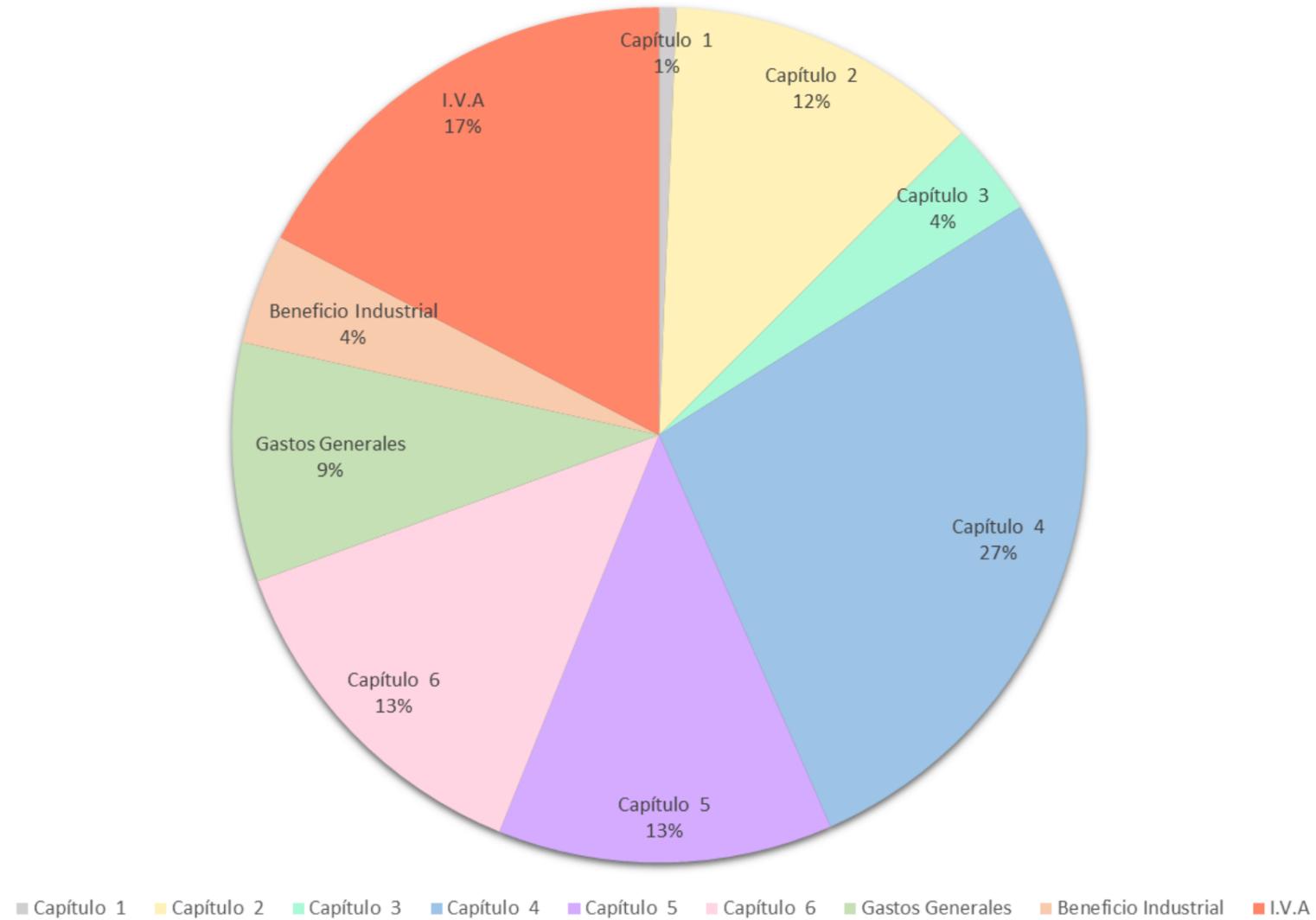
Por tanto, la obra tendrá una valoración económica total de **519.130,96€: QUINIENTOS DIEZ Y NUEVE MIL CIENTO TREINTA EUROS CON NOVENTA Y SEÍS CÉNTIMOS.**

La distribución del porcentaje de la valoración de cada capítulo, así como de los gastos generales, el beneficio industrial y el IVA, se puede apreciar en el siguiente gráfico:



ANEJO Nº 7: VALORACIÓN ECONÓMICA

Valoración económica final





PLANOS

PROYECTO BÁSICO DE LA ESTRUCTURA DE NUEVO GRADERÍO PARA EL CAMPO DE FÚTBOL DE POLIDEPORTIVO DE VILLAMARCHANTE (VALENCIA)

DICIEMBRE DE 2020

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Cristian Pérez-Almazán Piwowarsky

ÍNDICE

PLANO 1: LOCALIZACIÓN DEL POLIDEPORTIVO

PLANO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS

PLANO 3: ALZADO Y PERFIL DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

PLANO 4: PLANTA DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

PLANO 5: DETALLES DE CERRAMIENTOS

PLANO 6: CIMENTACIONES

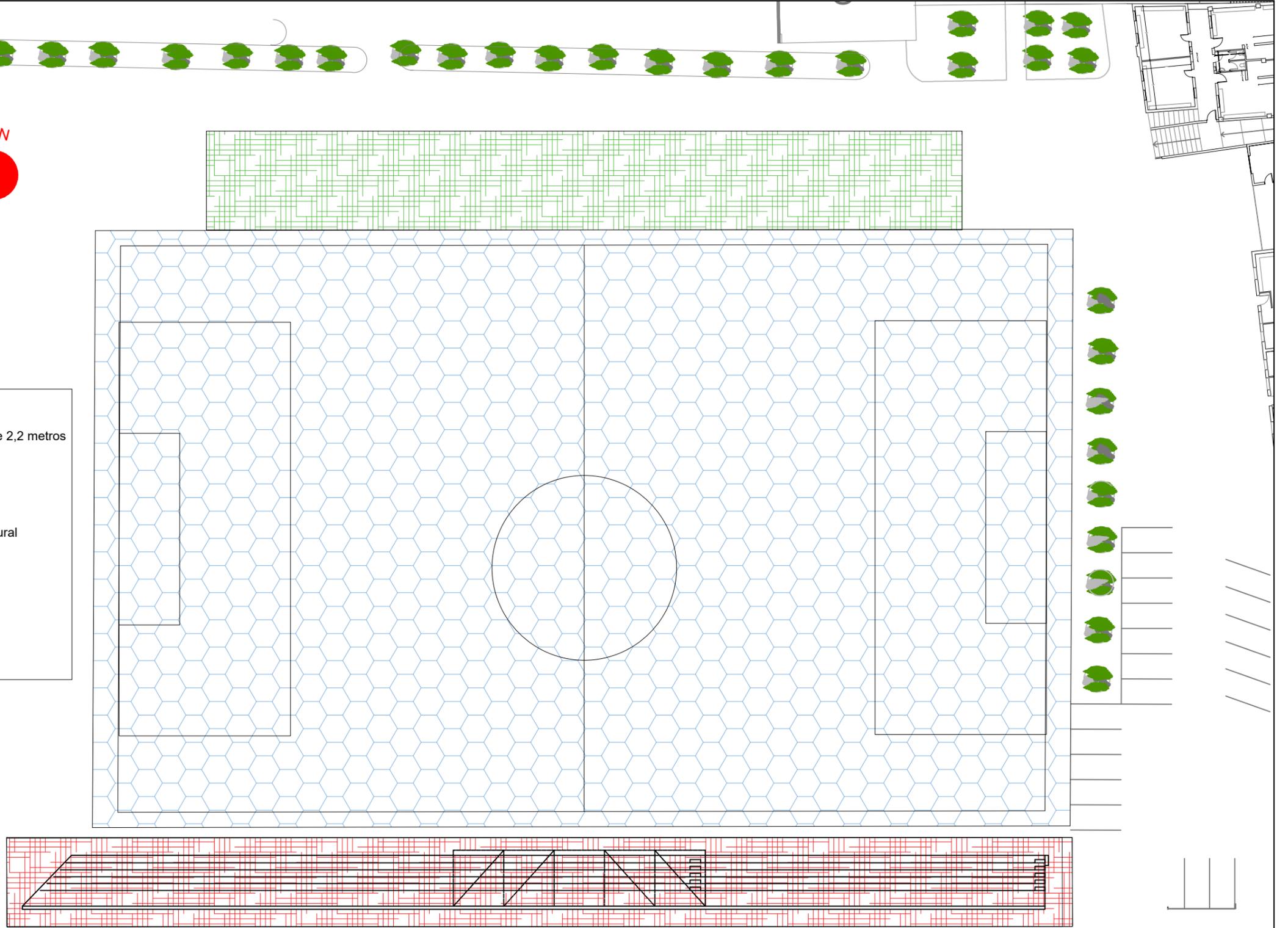
PLANO 7: CUBIERTA

PLANO 8: ARMADO

PLANO 9: UNIONES



	Excavación en zanja a profundidad de 2,2 metros
	Sustitución por campo de césped natural
	Demolición



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TÍTULO:
Proyecto básico de la estructura de nuevo graderío para el campo de futbol de polideportivo de Villamarchante (Valencia).

AUTOR:
 Pérez-Almazán Piwowarsky, Cristian

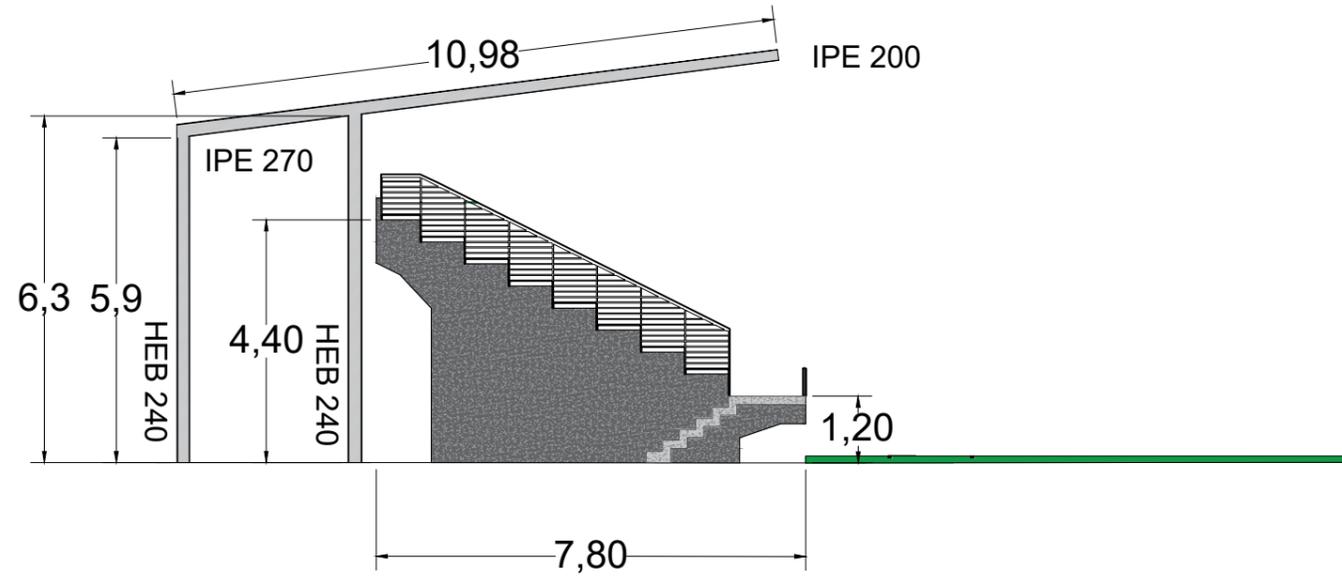
TÍTULO DEL PLANO:
MOVIMIENTO DE TIERRAS

ESCALA:
3:100

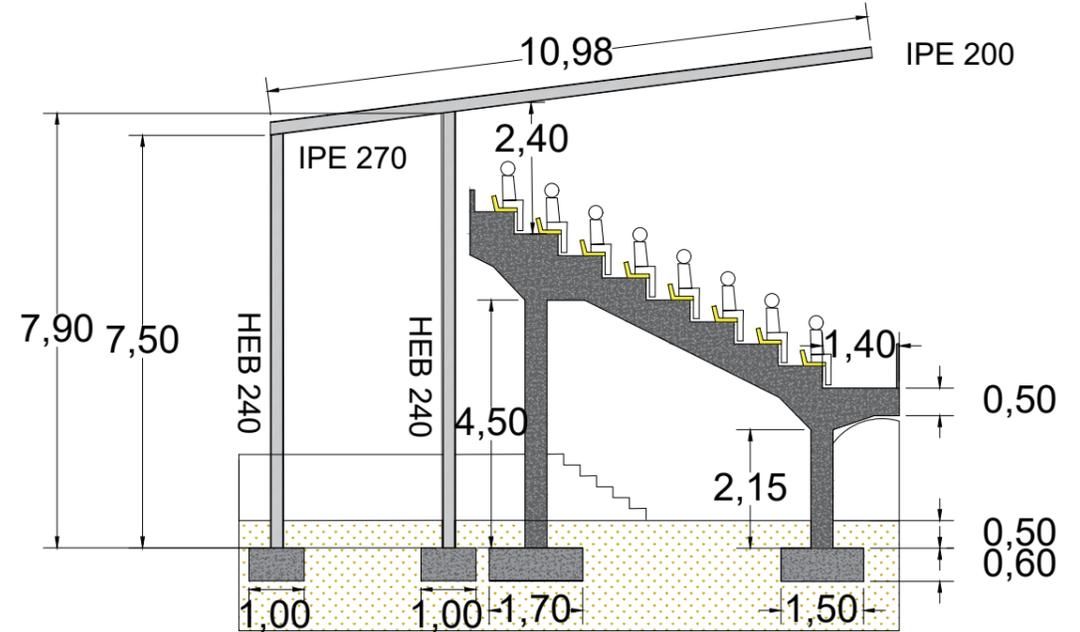
FECHA:
Diciembre 2020

Nº DE PLANO:
2

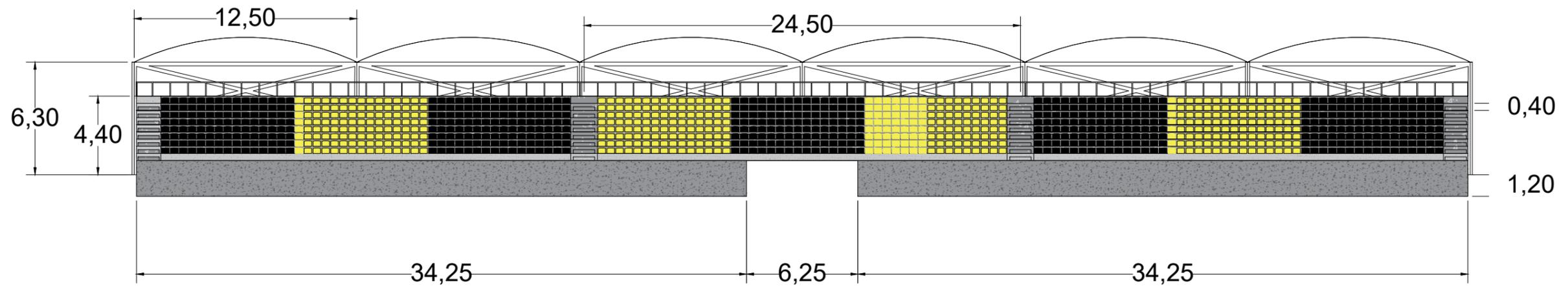
Perfil sección oeste
E 1:100
Cotas en metros



Perfil sección pórtico
E 1:100
Cotas en metros



Alzado grada
E 1:200
Cotas en metros



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



TÍTULO:
Proyecto básico de la estructura de nuevo graderío para el campo de fútbol de polideportivo de Villamarchante (Valencia).

AUTOR:
 Pérez-Almazán Piwowarsky, Cristian

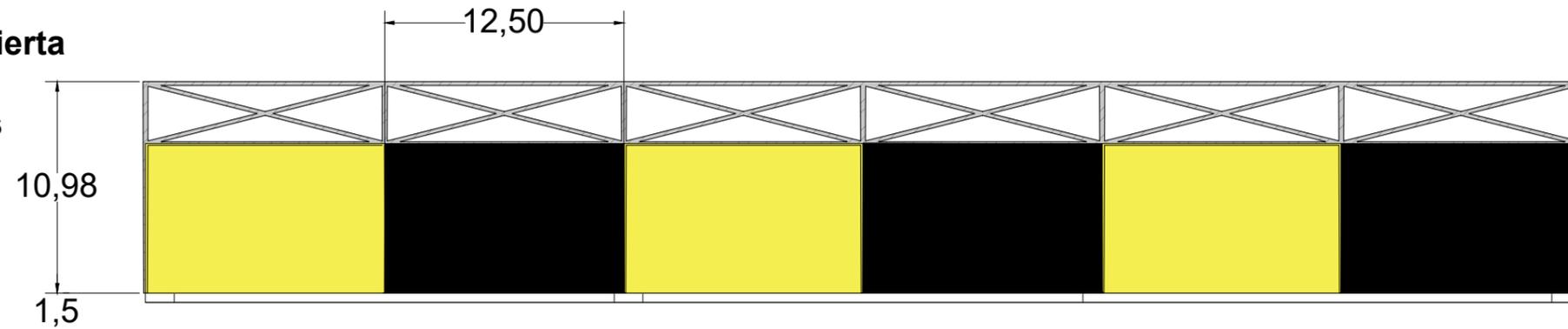
TÍTULO DEL PLANO:
ALZADO Y PERFIL DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

ESCALA:
En el plano

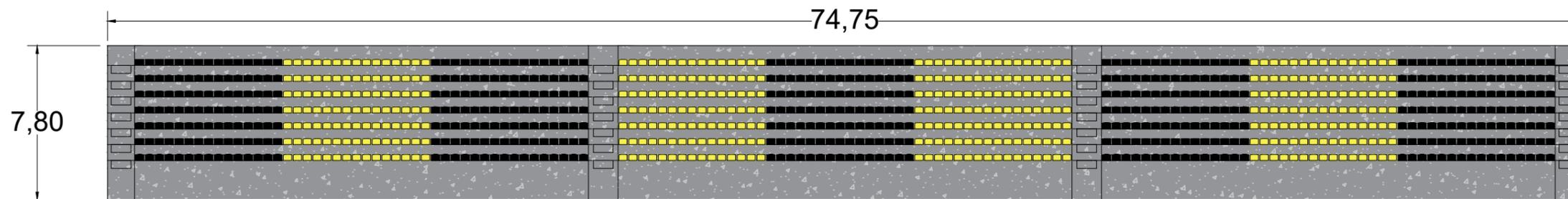
FECHA:
Diciembre 2020

Nº DE PLANO:
3

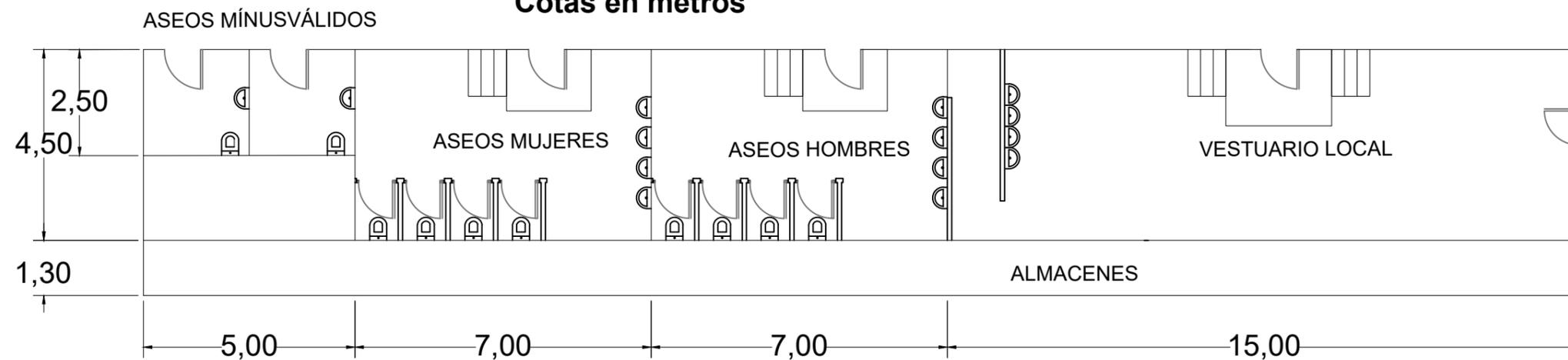
Planta nivel cubierta
E 1:250
Cotas en metros



Planta nivel grada
E 1:200
Cotas en metros

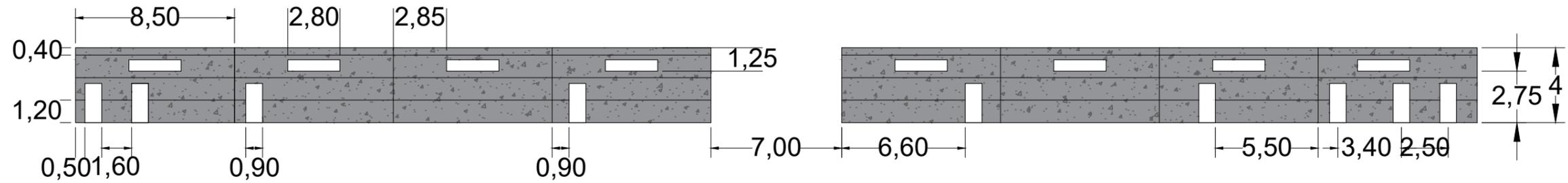


Planta instalaciones subterráneas
E 1:100
Cotas en metros

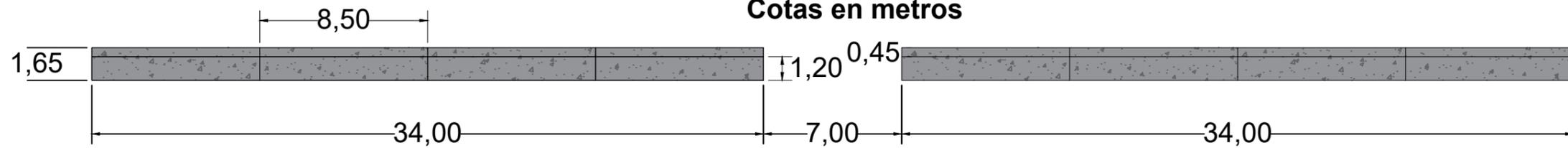


TÚNEL DE VESTUARIOS

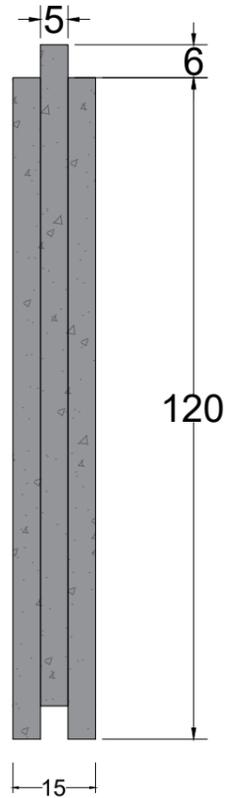
Perfil pared norte
E 1:200
Cotas en metros



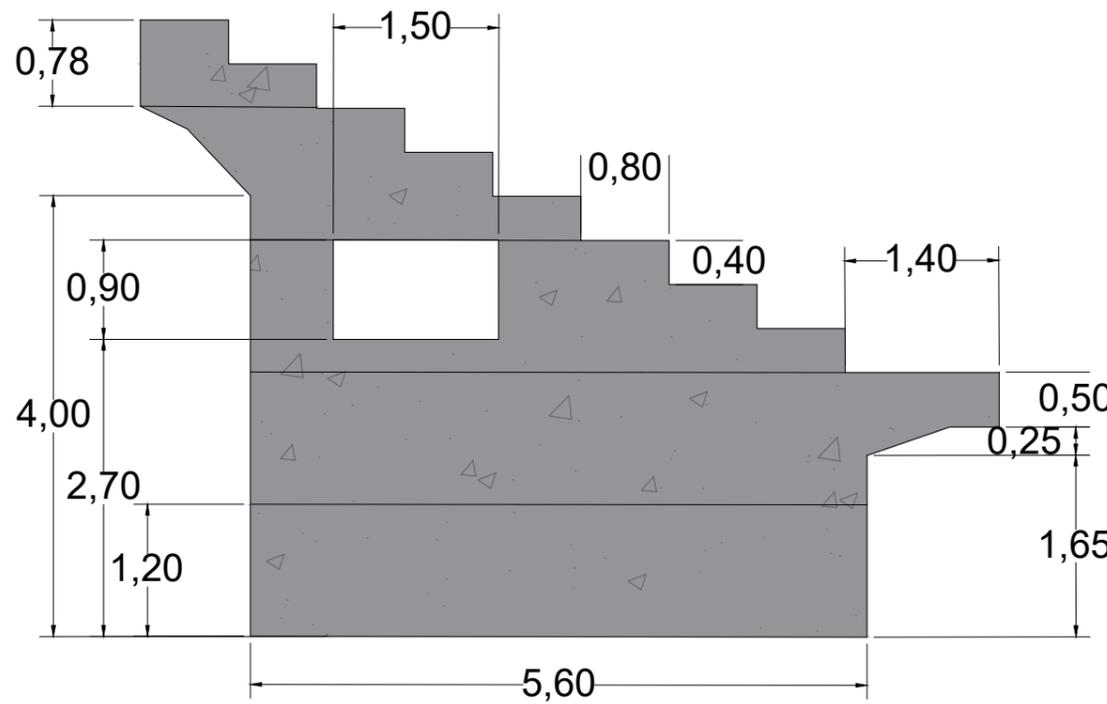
Perfil pared sur
E 1:200
Cotas en metros



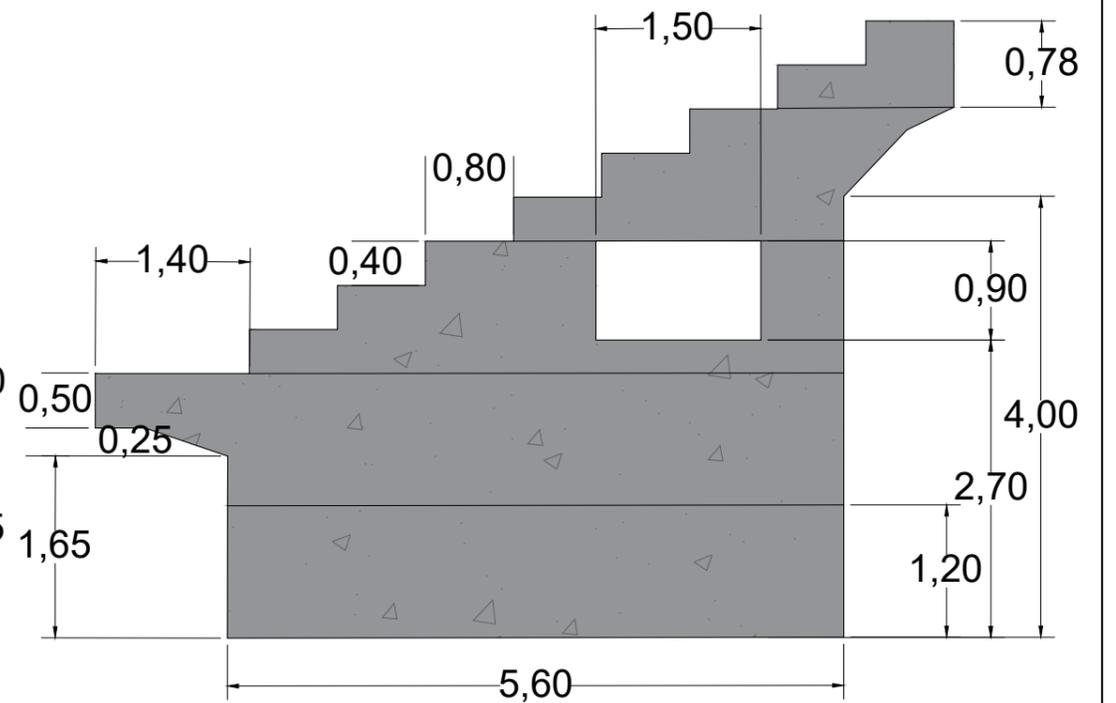
Detalle panel cerramiento
E 1:10
Cotas en cm



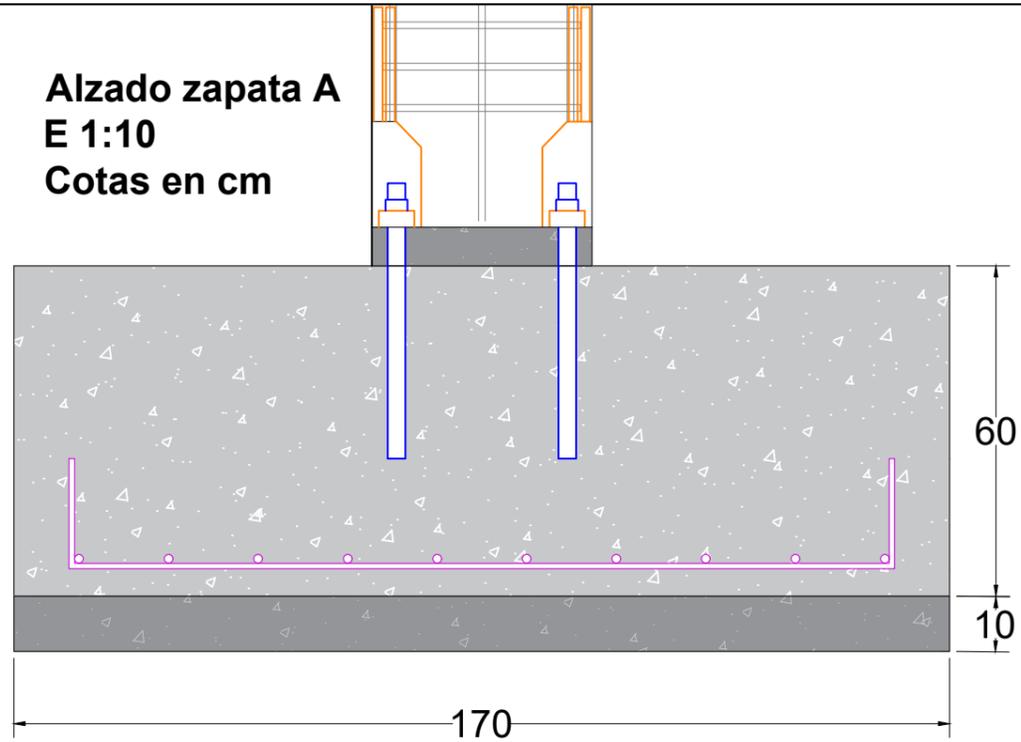
Perfil pared oeste
E 1:50
Cotas en metros



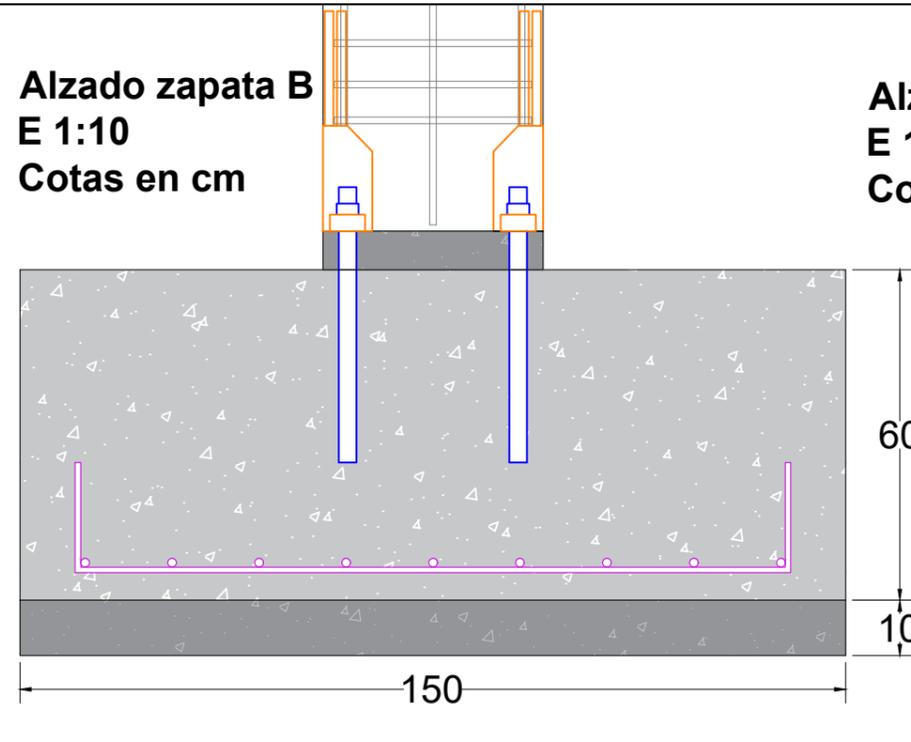
Perfil pared este
E 1:50
Cotas en metros



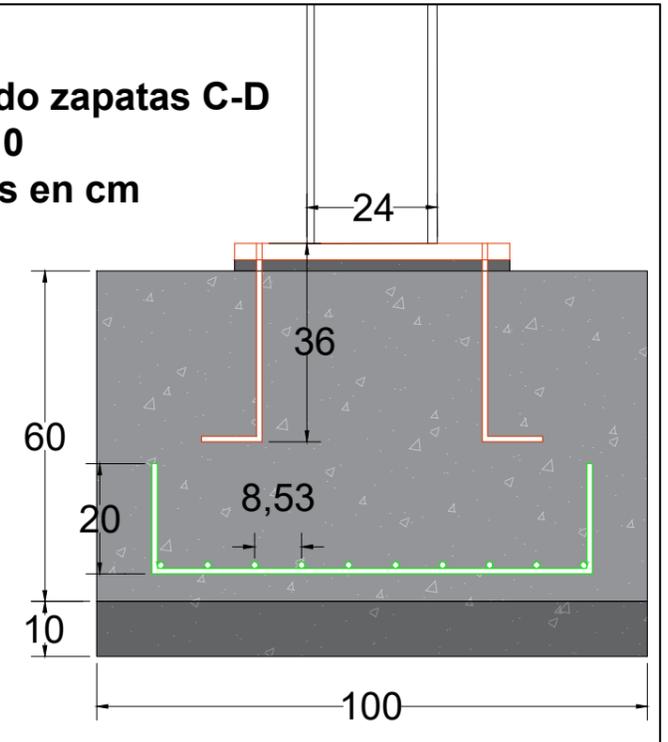
Alzado zapata A
E 1:10
Cotas en cm



Alzado zapata B
E 1:10
Cotas en cm

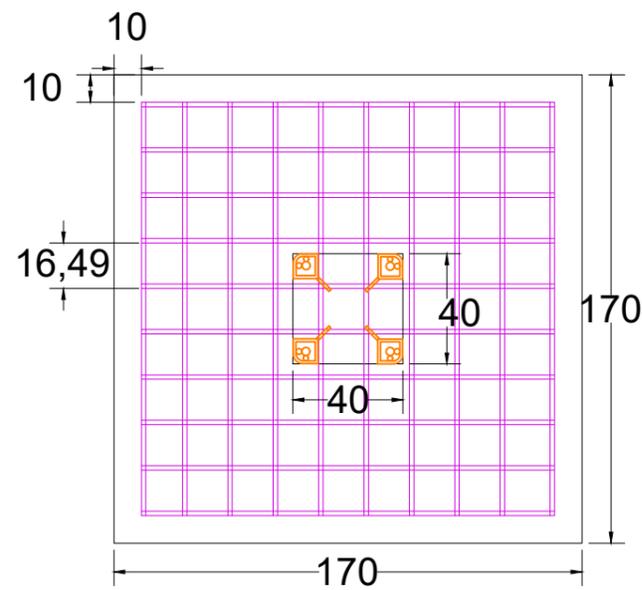


Alzado zapatas C-D
E 1:10
Cotas en cm

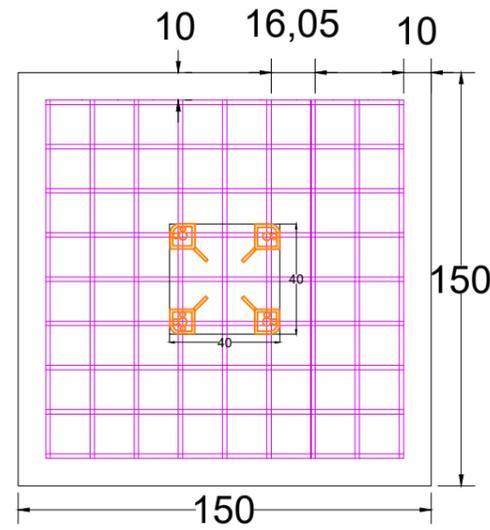


- Barra de 16 mm de diámetro
- Barra de 12 mm de diámetro
- Pie de pilar para barra de 30 mm
- Tornillo de anclaje de 30 mm
- Placa y pernos de anclaje

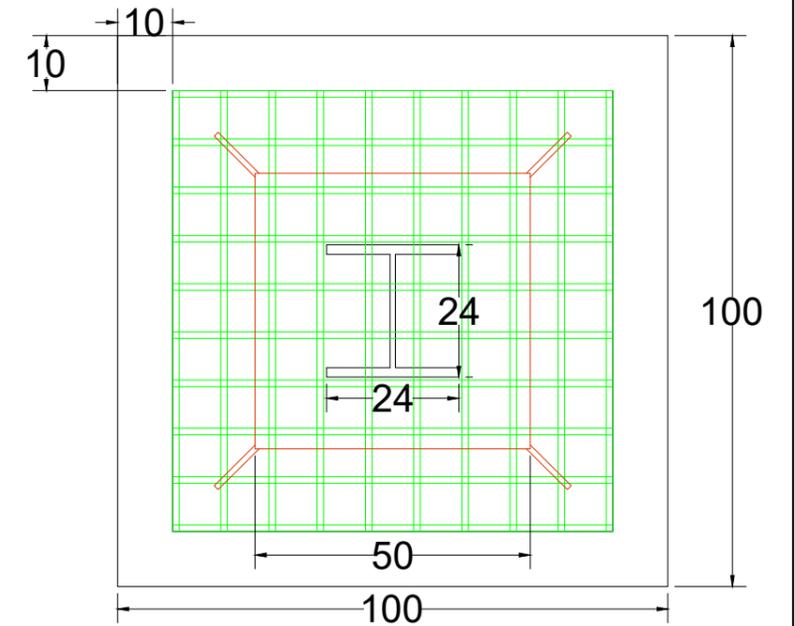
Planta zapata A
E 1:20
Cotas en cm



Planta zapata B
E 1:20
Cotas en cm



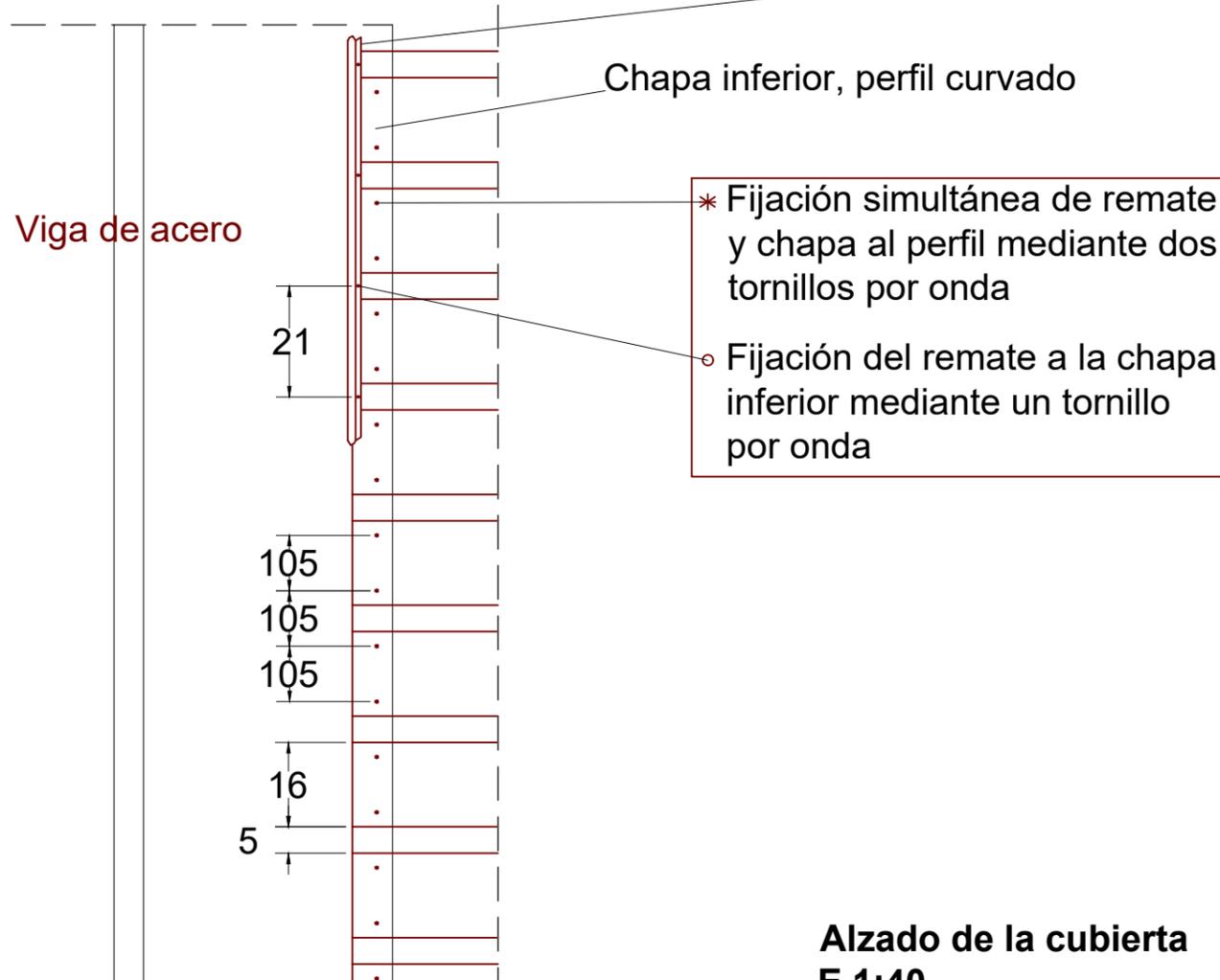
Planta zapatas C-D
E 1:10
Cotas en cm



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

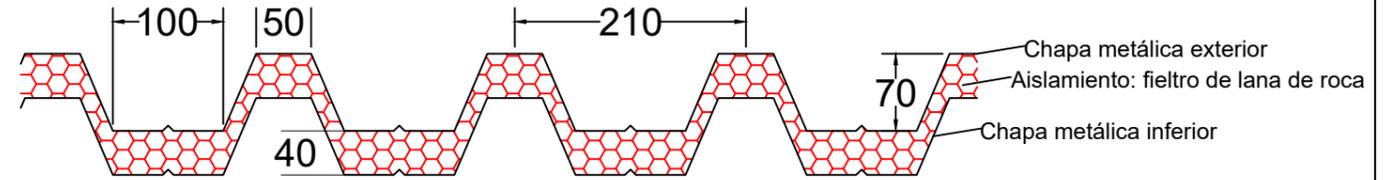
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

Planta de la cubierta
E 1:10
Cotas en centímetros

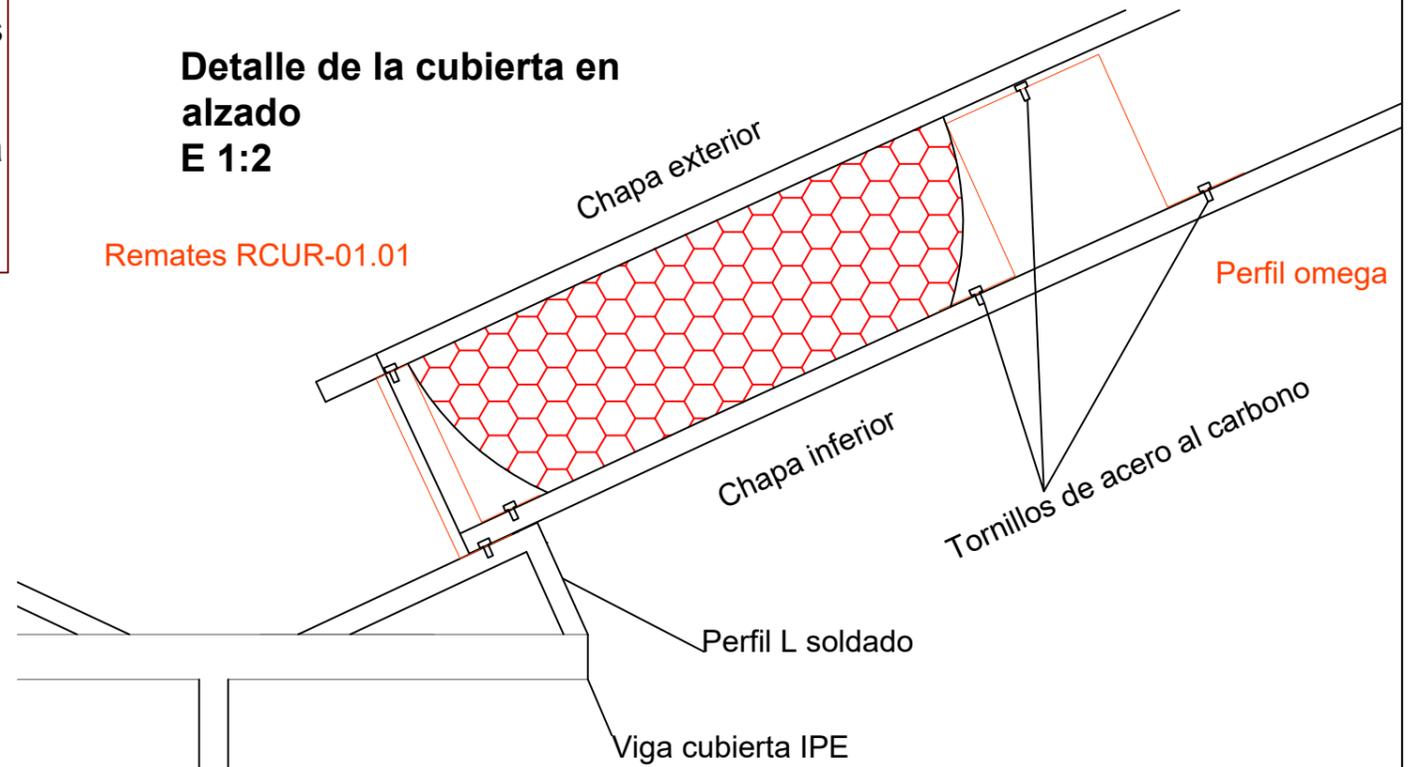


- * Fijación simultánea de remate y chapa al perfil mediante dos tornillos por onda
- o Fijación del remate a la chapa inferior mediante un tornillo por onda

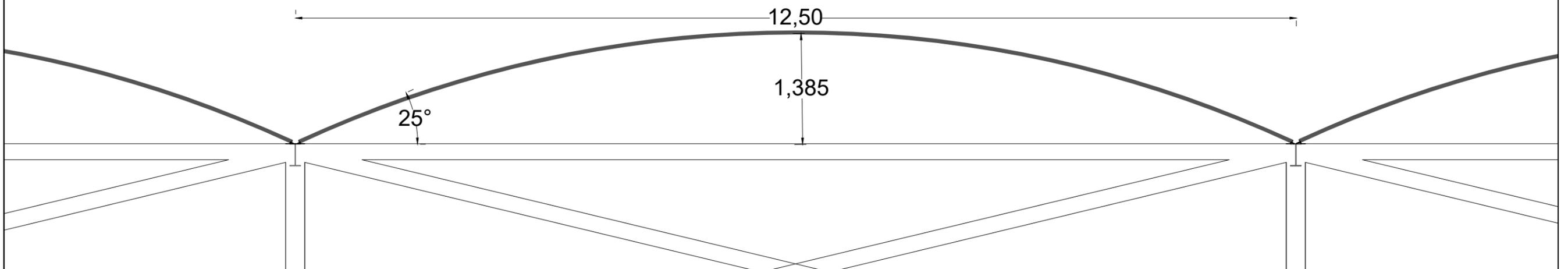
Perfil de la cubierta
E 1:5
Cotas en milímetros



Detalle de la cubierta en alzado
E 1:2



Alzado de la cubierta
E 1:40
Cotas en metros



TÍTULO:
Proyecto básico de la estructura de nuevo graderío para el campo de fútbol de polideportivo de Villamarchante (Valencia).

AUTOR:
Cristian
Pérez-Almazán Piwowsky, Cristian

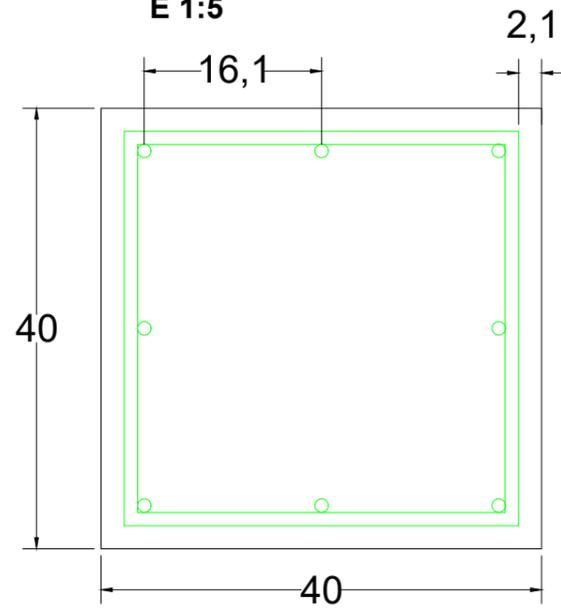
TÍTULO DEL PLANO:
CUBIERTA

ESCALA:
En el plano

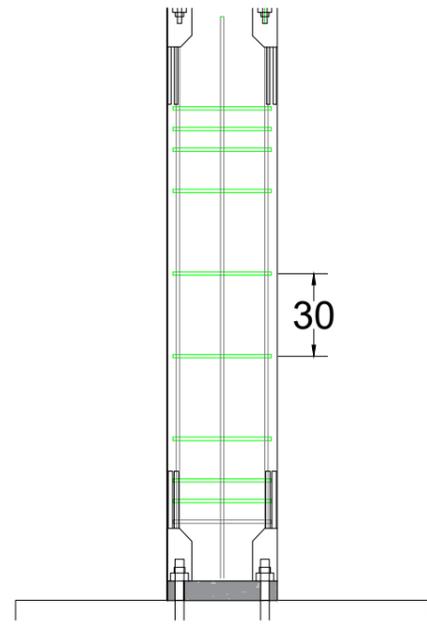
FECHA:
Diciembre 2020

Nº DE PLANO:
7

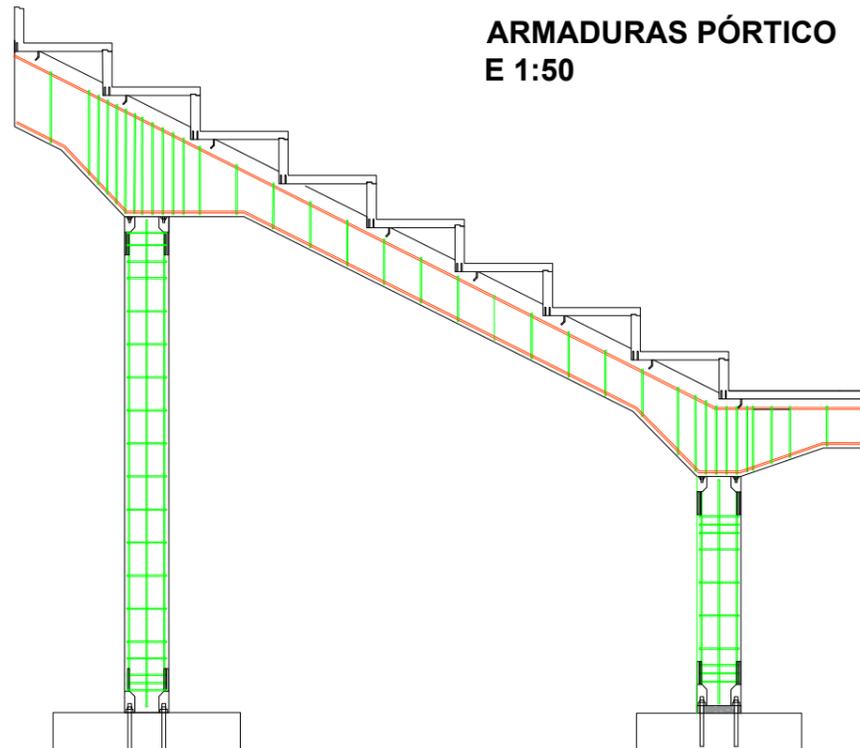
SECCIÓN PILARES
COTAS EN CENTÍMETROS
E 1:5



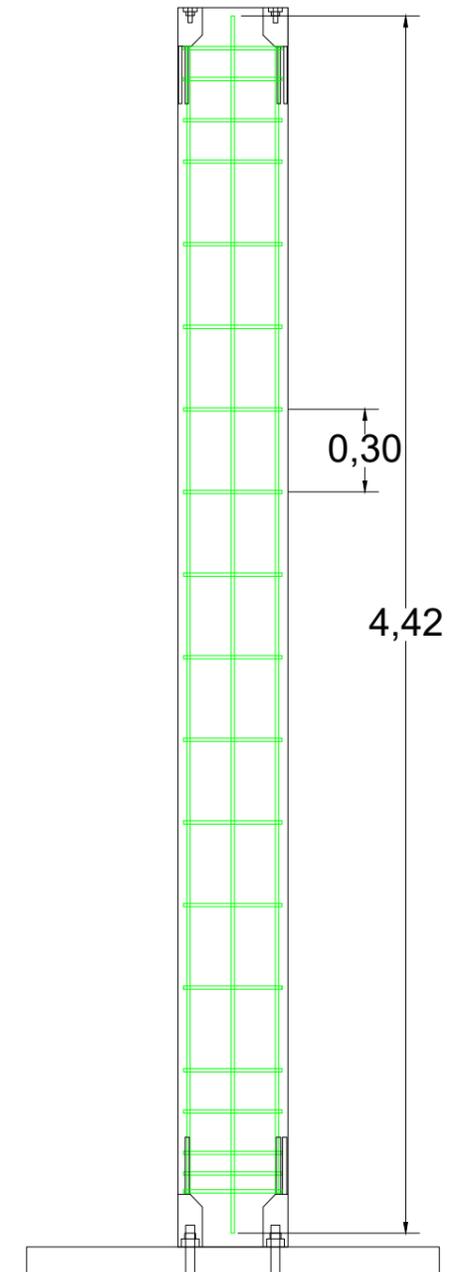
PILAR B
COTAS EN CENTÍMETROS
E 1:20



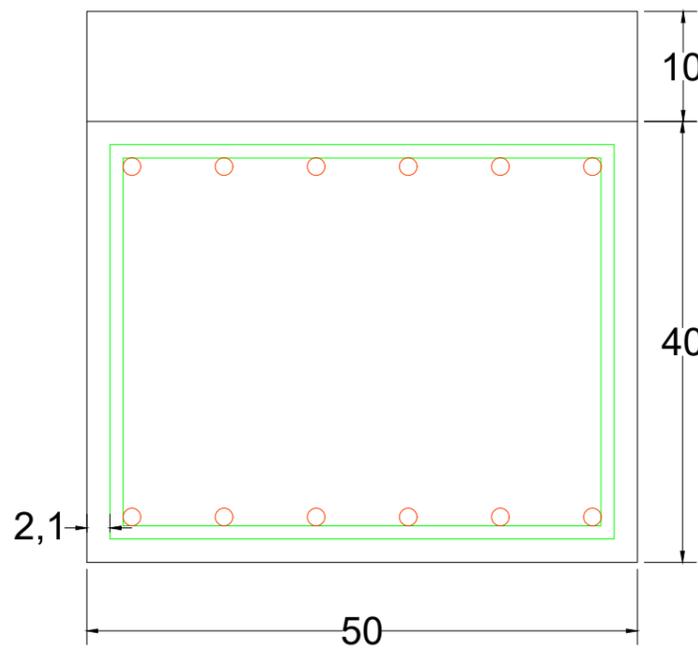
ARMADURAS PÓRTICO
E 1:50



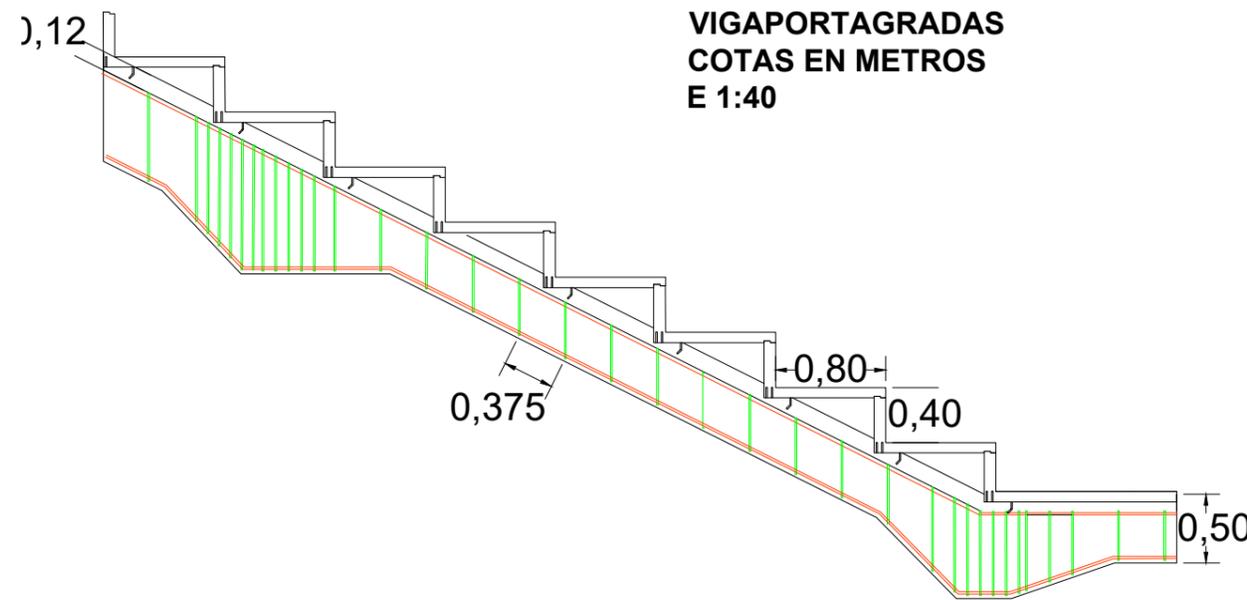
PILAR A
COTAS EN METROS
E 1:20



SECCIÓN VIGAPORTAGRADAS
COTAS EN CENTÍMETROS
E 1:5



VIGAPORTAGRADAS
COTAS EN METROS
E 1:40



- Barra de 16 mm de diámetro
- Barra de 12 mm de diámetro

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



TÍTULO:
Proyecto básico de la estructura de nuevo graderío para el campo de fútbol de polideportivo de Villamarchante (Valencia).

AUTOR:
Cristian Pérez-Almazán Píowowsky, Cristian

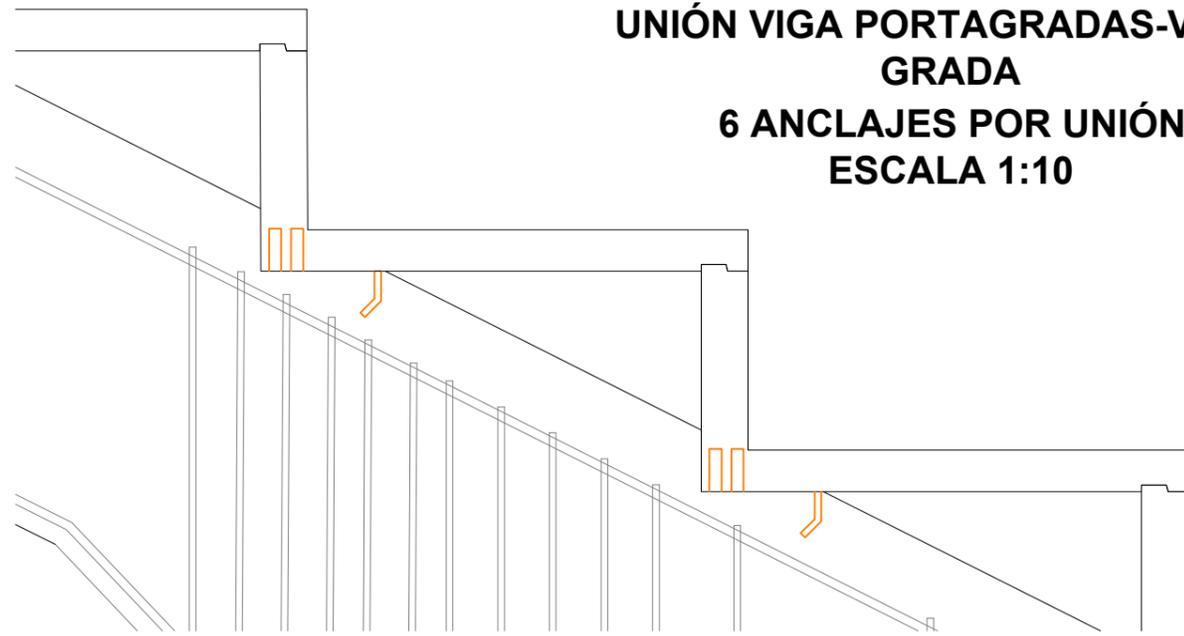
TÍTULO DEL PLANO:
ARMADO

ESCALA:
En el plano

FECHA:
Diciembre 2020

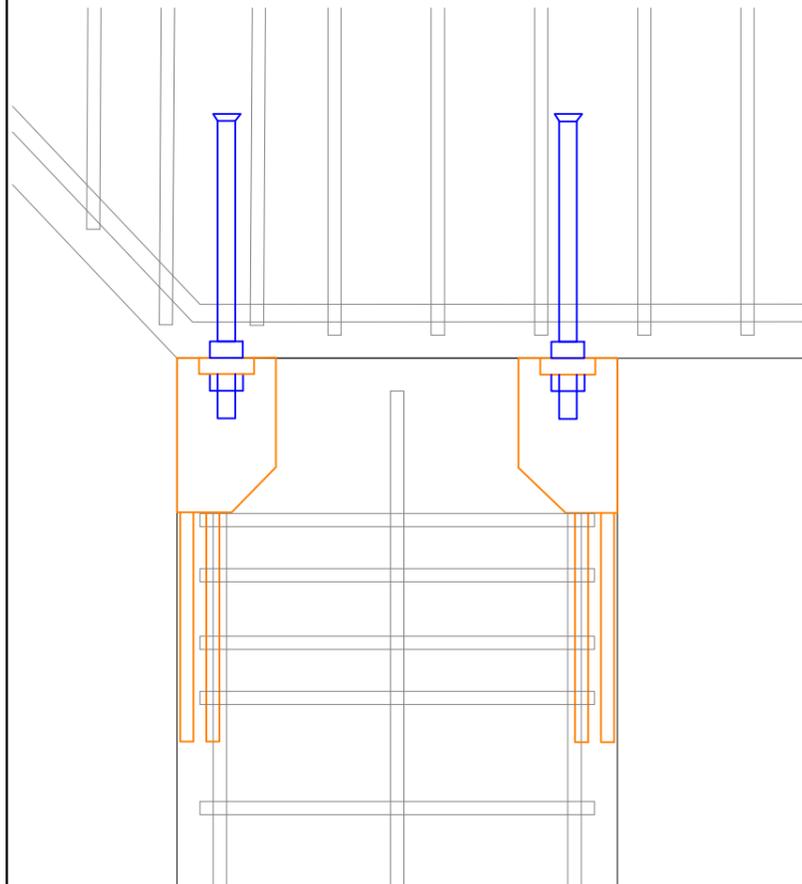
Nº DE PLANO:
8

UNIÓN VIGA PORTAGRADAS-VIGAS GRADA
6 ANCLAJES POR UNIÓN
ESCALA 1:10

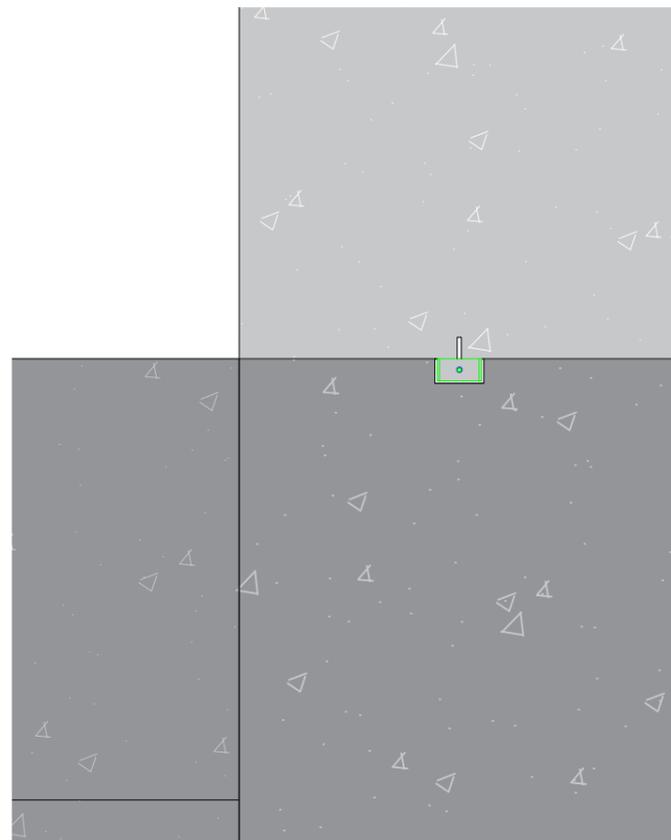


- Pie de anclaje de 16 mm
- Acople de anclaje de 16 mm

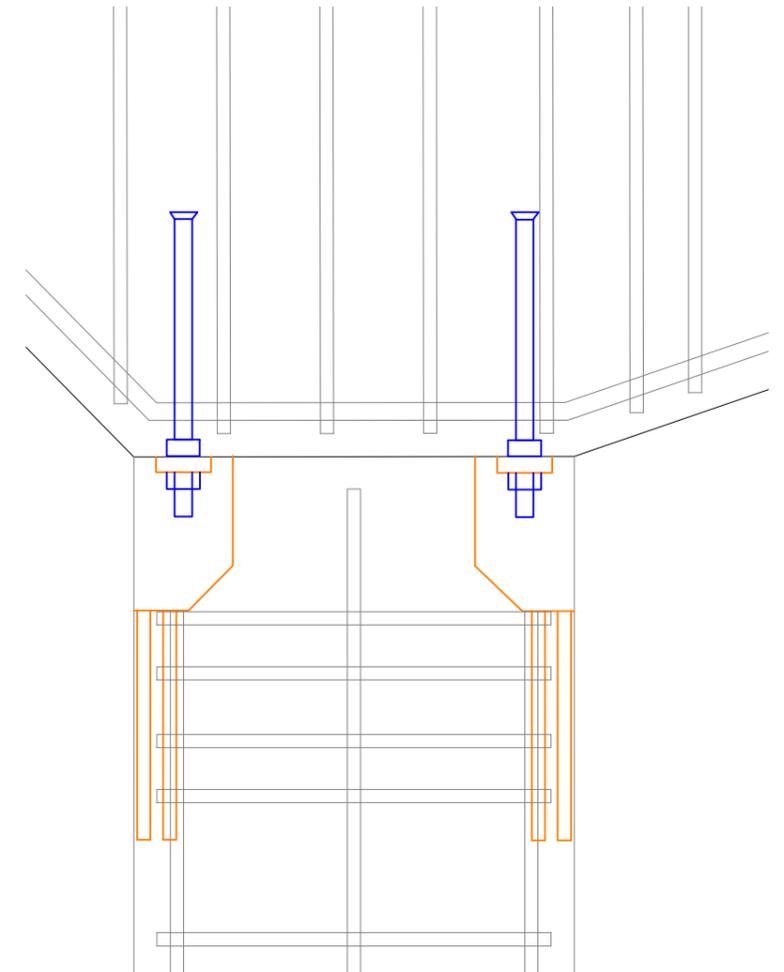
UNIÓN PILAR A - VIGA PORTAGRADAS
4 ANCLAJES POR UNIÓN
ESCALA 1:5



UNIÓN PILAR-CERRAMIENTO
1 ANCLAJE POR UNIÓN
DOBLE ANCLAJE EN ESQUINAS
ESCALA 1:5



UNIÓN PILAR B - VIGA PORTAGRADAS
4 ENCLAJES POR UNIÓN
ESCALA 1:5



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



TÍTULO:
Proyecto básico de la estructura de nuevo graderío para el campo de fútbol de polideportivo de Villamarchante (Valencia).

AUTOR:
 Pérez-Almazán Piwowarsky, Cristian

TÍTULO DEL PLANO:
UNIONES

ESCALA:
En el plano

FECHA:
Diciembre 2020

Nº DE PLANO:
9