



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO Y VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CUBIERTA DE LA PISTA DE FÚTBOL SALA
DEL I.E.S. JUAN CARLOS I (MURCIA)

Presentado por

López Tristante, Andrea

Para la obtención del

Grado de Ingeniería Civil

Curso: 2017/2018

Fecha: 4 de Septiembre de 2018

Tutor: Pelufo Carbonell, María José

DOCUMENTO 1. Memoria y anejos

Memoria

Anejo 1. Cálculo estructural

Anejo 2. Anejo geotécnico

Anejo 3. Plan de obra

Anejo 4. Valoración económica

DOCUMENTO 2. PLANOS

Plano 1. Localización

Plano 2. Pórtico

Plano 3. Cercha

Plano 4. Zapatas

Plano 5. Rigidizador

Plano 6. Placa de anclaje

Plano 7. Perno de anclaje

Plano 8. Estructura metálica

MEMORIA

**Diseño y valoración económica de la cubierta
de la pista de fútbol sala del IES "Juan Carlos I" (Murcia)
Andrea López Tristante**

ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES	2
2.	OBJETO	3
2.1.	MOTIVOS Y CONDICIONANTES.....	3
3.	ESTUDIO DE SOLUCIONES	4
3.1.	ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA ESTRUCTURA.....	4
3.2.	ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA EL MATERIAL DE CUBIERTA.....	5
4.	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	6
4.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	6
4.1.1.	POLICARBONATO	7
4.2.	DATOS DEL CÁLCULO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	8
4.2.1.	NORMATIVA EMPLEADA.....	8
4.2.2.	CARACTERÍSTICAS DEL ACERO EMPLEADO EN BARRAS.....	8
4.2.3.	PERFILES A UTILIZAR	8
4.2.4.	CIMENTACIÓN.....	9
4.2.5.	ARMADO	9
4.2.6.	PLACAS DE ANCLAJE.....	9
4.2.7.	SOLDADURAS	9
5.	PLAN DE OBRA.	11
5.1.	ACTUACIONES PREVIAS.....	11
5.2.	EJECUCIÓN DE LA CIMENTACIÓN	11
5.3.	COLOCACIÓN DE LOS PERFILES	11
5.4.	COLOCACIÓN DE LA CUBIERTA.....	11
6.	VALORACIÓN ECONÓMICA	11

1. ANTECEDENTES

El I.E.S. Juan Carlos I es un centro de educación secundaria y bachillerato situado al noreste de la ciudad de Murcia, en la C/ Reina Sofía. El instituto cuenta con un total de cinco edificios: tres módulos orientados a la impartición de clases, un gimnasio y la vivienda del conserje.



Figura 1. Mapa de localización de la Región de Murcia en el mapa de España

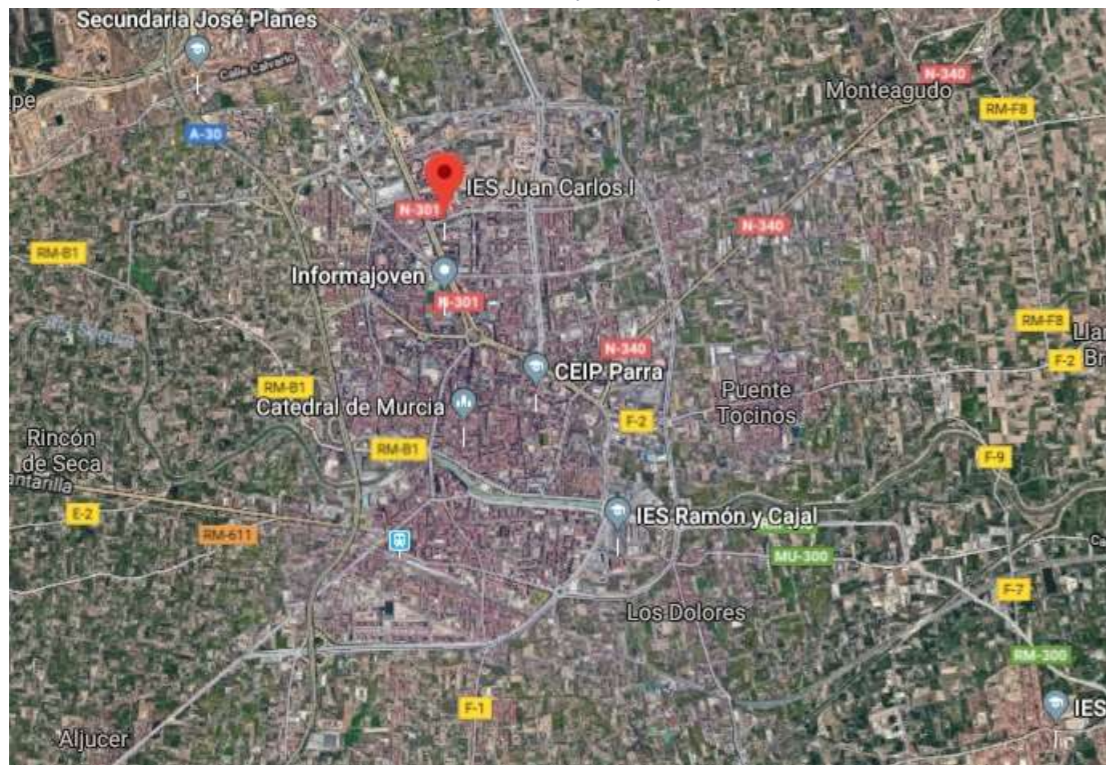


Figura 2. Imagen satélite de la ciudad de Murcia (España).

Las altas temperaturas que asolan la región desde el mes de abril hasta octubre aproximadamente, dificultan la realización de actividades físicas en el patio del instituto. Es por ello, que el instituto solicita la construcción de una cubierta, que cubra una de las pistas de fútbol sala para así aclimatar la zona. De

esta forma, la pista quedaría protegida de la radiación solar directa reduciendo la temperatura y mejorando las condiciones climáticas en la misma.



Figura 3. Imagen en planta del I.E.S. Juan Carlos I (Murcia)

La pista de fútbol sala que se pretende cubrir es la que se encuentra en la parte inferior de la Figura 3.



Figura 4. Vista en planta del patio del I.E.S. Juan Carlos I (Murcia)

El área de actuación se encuentra limitado por:

- Al norte con la segunda pista de fútbol sala que compone, también, el patio del instituto.
- Al sur con el módulo A del edificio educativo.

- Al este con la calle María Zambrano.
- Al oeste con el patio donde se sitúa el gimnasio y parte de la cubierta situada entre los dos edificios principales.

2. OBJETO

El objeto del siguiente proyecto es el diseño y cálculo estructural de una cubierta para una de las pistas de fútbol sala del I.E.S. Juan Carlos I de Murcia (España).

2.1. MOTIVOS Y CONDICIONANTES

El motivo principal de la obra será la mejora de las condiciones climáticas en el patio del instituto afín de crear un espacio agradable para la realización de actividades deportivas.

Una de las principales condiciones que tendrá la estructura será que ésta no evite la entrada de luz a través de las ventanas de las aulas pertenecientes al módulo educativo, a fin de que la construcción de la cubierta no suponga un aumento en el consumo energético a primeras horas de la mañana.

El segundo condicionante, de menor importancia que el anteriormente citado, será el mantenimiento de la estética del instituto. Lo ideal será que la nueva cubierta proyectada tenga las mismas características que la ya construida en el hall principal del instituto. Se trata de una cubierta a dos aguas que cuenta con un total de 20 columnas de hormigón decoradas en la parte inferior con mosaicos de azulejos de distintos colores. Los faldones superiores están formados por baldas de ladrillo cubiertas por un techo de teja. La unión entre columnas enfrentadas es a través de celosías metálicas tipo americana y el enlace entre las mismas es por medio de correas apoyadas en cabios.

Las normas reglamentarias del NIDE para campos pequeños serán las que establezcan los condicionantes estructurales. El objetivo que tienen es establecer las condiciones reglamentarias y de diseño que deben tenerse en cuenta a la hora de construir una instalación deportiva.

La pista de fútbol sala sobre la que se pretende edificar tiene unas dimensiones de 40m x 20m, cumpliendo las normas N.I.D.E.

Por otro lado, la cubierta deberá cumplir las exigencias básicas marcadas por el CTE:

- Estanqueidad al agua, a la nieve, al viento, etc → CTE HS-1 "Protección contra la humedad"
- Aislamiento térmico y limitación de condensaciones en ambiente frío → CTE HE-1 "Limitación demanda energética"
- Capacidad de refrigeración en ambiente cálido → CTE HE-1 "Limitación demanda energética"
- Atenuación acústica ruidos aéreos de impacto → CTE HR "Protección frente al ruido"
- Seguridad ante la propagación de incendios → CTE SI "Seguridad en caso de incendio"
- Estabilidad ante las acciones estáticas y dinámicas (peso propio, uso, viento y agentes meteorológicos) → CTE SE "Bases de cálculo" CTE SE-AE "Acciones en la edificación"
- Durabilidad y compatibilidad de sus materiales.

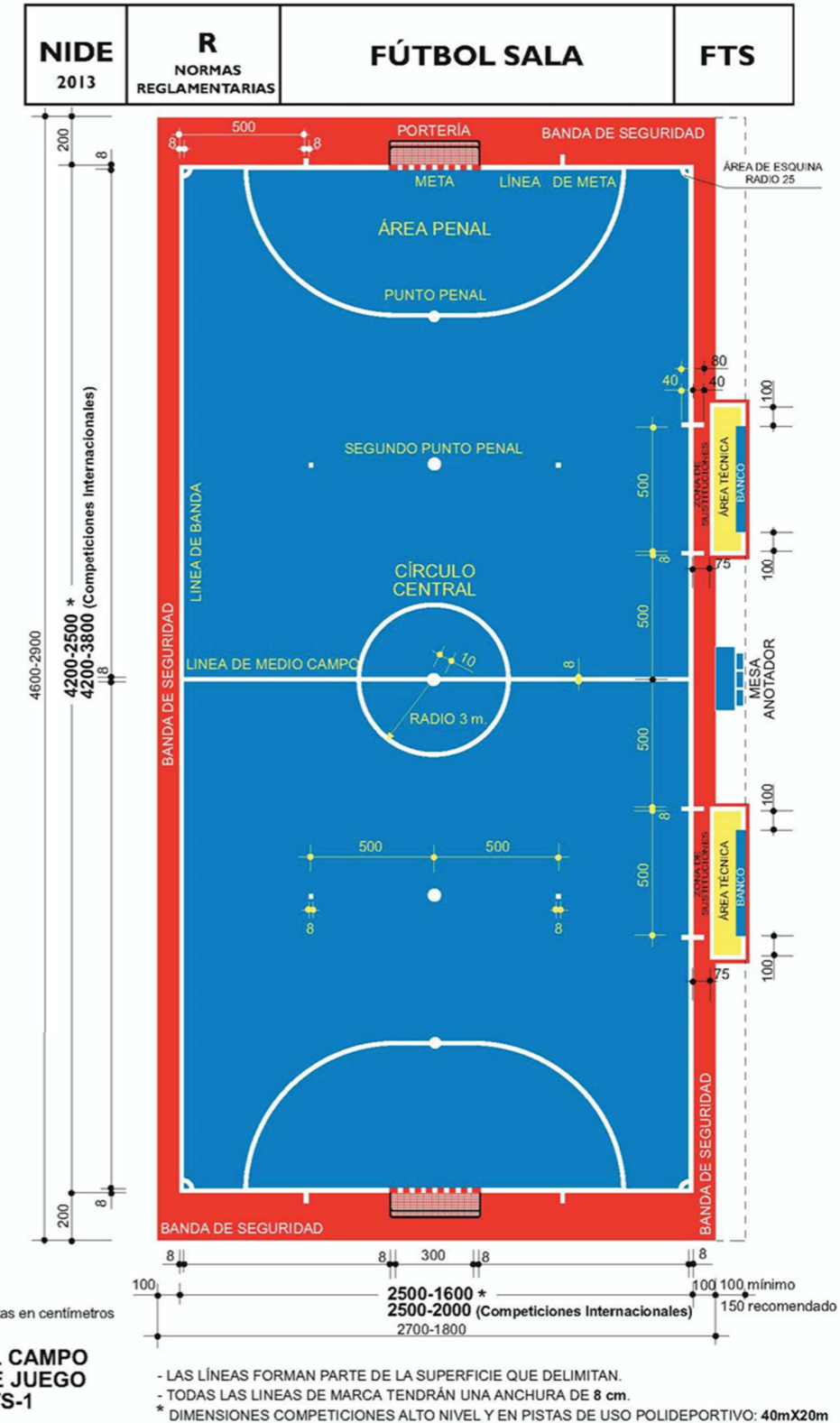


Figura 5. Pista fútbol sala según las normas N.I.D.E. del Consejo Superior de Deportes

3. ESTUDIO DE SOLUCIONES

3.1. ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA ESTRUCTURA

En primer lugar se hará un estudio de cuatro posibles estructuras que podremos emplear para soportar el peso de nuestra cubierta.

Estructura de albañilería

Estructura de albañilería de idénticas características a la ya presente en el hall central del instituto, descrita en el Capítulo 2. La única modificación sería la ausencia de los mosaicos de azulejos en la parte inferior de las columnas de hormigón debido a que sufrirían un desgaste continuo y un deterioro muy veloz, ya que la cubierta estaría destinada a actividades deportivas y no contribuye a la decoración del centro educativo.

Estructura de aluminio

Se trata de una estructura de aluminio reforzado. Normalmente estas estructuras se emplean en la construcción de cubiertas textiles. El hecho de elegir una cubierta textil antes que un pabellón de obra es debido a que la construcción es más económica, en tan sólo una semana puede estar montada y no requiere de ningún tipo de licencia de obra. El aluminio es escogido por su ligereza (tiene menor peso específico que los perfiles de acero) y aun siendo algo más caro que los perfiles de acero, su mantenimiento resulta menos costoso debido a que es naturalmente resistente a la corrosión. Al contacto con el aire forma una capa muy resistente de óxido de aluminio que detiene cualquier ataque posterior.

Estructura de madera

Se trata de una estructura de madera laminada. Los pórticos se componen de pilares de madera laminada y vigas del mismo material con forma rectangular sobre los que se arma un perfil de aluminio con carriles sobre el que pasa la lona de la cubierta de forma estanca. Por otro lado, emplea piezas de unión de acero y los pilares se asientan sobre placas de base que se adaptan al terreno.

Estructura de metálica

El empleo de perfiles de acero para la conformación de la estructura de las cubiertas es la práctica más empleada hoy en día en patios de colegios y zonas industriales. La elección del acero es debida a varias causas:

- La alta disponibilidad y bajo precio en el mercado.
- La tenacidad, la cual hace que el acero sea capaz de absorber energía, otorgando a las construcciones mejores condiciones estructurales.
- La resistencia, permitiendo estructuras relativamente livianas.
- La ligereza, a pesar de ser capaces de soportar grandes cargas.
- La durabilidad. Derivada de la resistencia del acero, si el material se le protege y mantiene de forma correcta, tendrá una larga vida útil.
- La versatilidad que facilita la adhesión de nuevos elementos estructurales, lo cual favorece el proceso de montaje de las distintas partes.
- La rentabilidad. Al ser el acero un material resistente a las fracturas, su uso permite no estar haciendo continuas inversiones económicas al tener que estar sustituyéndolo.
- La eficiencia. Como la mayor parte del trabajo se realiza en taller, su posterior puesta en obra no se ve condicionada por factores como, por ejemplo, climatológicos.

- La seguridad. La estructura metálica en acero tiene un peso reducido, por que confiere seguridad en caso de sismo. Al ser un material dúctil avisa antes del colapso.

Características	Precio	Facilidad de construcción (tiempo)	Mantenimiento	Adecuación estética	Otros
Tipo de estructura					
Estructura de albañilería	Alto coste	Mayor periodo de construcción	Menor mantenimiento	Alta	
Estructura de aluminio	Medio coste	Corto periodo de construcción (2 semanas)	Menor mantenimiento	Baja	No requiere licencia de obra
Estructura de madera	Alto coste	Largo periodo de construcción	Mayor mantenimiento	Baja	
Estructura metálica	Bajo coste	Corto periodo de construcción	Menor mantenimiento	Media	

Figura 6. Tabla comparativa de las distintas soluciones para la estructura que soporta la cubierta.

Para la comparación de las distintas soluciones se valora en una escala del 1 al 5, la adecuación de cada una ante el objetivo que se pretende:

1	Muy poco adecuado
2	Poco adecuado
3	Adecuado
4	Muy adecuado
5	Óptima

Figura 7. Leyenda para la valoración de las distintas cubiertas.

Características	Precio	Facilidad de construcción (tiempo)	Mantenimiento	Adecuación estética
Tipo de estructura				
Estructura de albañilería	1	1	4	5
Estructura de aluminio	4	5	4	2
Estructura de madera	2	2	2	1
Estructura metálica	5	4	4	4

Figura 8. Valoración de cada una de las propuestas en función de la leyenda de la Figura 7.

3.2. ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA EL MATERIAL DE CUBIERTA

En segundo lugar, se realiza un estudio de los posibles materiales que se podrían emplear para cubrir la parte superior de la estructura:

Cubierta de albañilería

Para que la cubierta quede con la misma apariencia estética que la ya construida en el centro los faldones superiores estarán formados por baldas de ladrillo cubiertas por un techo de teja. Las funciones que cumplen las cubiertas de teja cerámica son:

- Estanqueidad al agua. Dicha estanqueidad está proporcionada por las propias características del material, la forma de las piezas y los solapes existentes entre ellas.
- Correcto aislamiento térmico.
- Buen comportamiento al fuego. Las tejas están clasificadas como M0, no son combustibles ante la acción térmica normalizada del ensayo correspondiente, no emitiendo gases ni humos en contacto con la llama.
- Estética y armonía con el paisaje.

Cubierta textil

La cubierta textil se ejecuta a con una membrana de PVC tensada. Las propiedades del PVC son:

- Rapidez y facilidad de colocación.
- Asegura una total impermeabilización en el caso de que este correctamente colocada.
- Elevada capacidad de adaptación a las diferentes formas e irregularidades del soporte gracias a su elevada deformabilidad.
- Gran resistencia al punzonamiento, la putrefacción, el hinchado y el envejecimiento natural.
- Absorbe bien los movimientos estructurales.

- Resiste adecuadamente las tensiones consecuencias de grandes luces y las posibles dilataciones que se pudiesen producir.

Un tipo de PVC, muy empleado actualmente en la construcción de cubiertas, es el PVC blanco translúcido con sistema térmico antiviento. Éstas cubiertas térmicas son mucho más económicas que las de albañilería.

Cubierta de chapa metálica

Este tipo de cubiertas se emplean más bien como cubiertas industriales y una de sus grandes ventajas es que son bastante eficientes solucionando importantes problemas como la estanqueidad y la protección térmica y acústica.

Por otro lado, otra de las grandes ventajas de las cubiertas industriales frente a las tradicionales es la posibilidad de combinar ligereza y estética en una misma solución constructiva. Se trata de cubiertas que necesitan menos pendiente para evacuar perfectamente y, a su vez, necesitan menos mantenimiento. Con menos peso por metro cuadrado permiten una mayor distancia entre apoyos y son más rápidas en cuanto a realización y montaje.

Cubierta de policarbonato

Se trata de un material termoplástico amorfo naturalmente transparente. Las láminas de policarbonato son resistentes tanto al impacto como a las altas temperaturas, a la vez que presentan una gran ligereza y flexibilidad. Entre las numerosas ventajas que presentan, una de las más importantes para el caso de nuestra cubierta es que dicho material presenta un alto porcentaje de transparencia permitiéndonos la posibilidad de cumplir con uno de nuestros principales condicionante: no retirar luz a las aulas del edificio contiguo a la pista sobre la cual se pretende disponer la estructura.

Características	Precio	Resistencia	Mantenimiento	Adecuación estética	Transparencia
Tipo de cubierta					
Cubierta de albañilería	Alto coste	Alta	Menor mantenimiento	Alta	Nula
Cubierta de PVC	Bajo coste	Media	Mayor mantenimiento (Los rayos UV afectan considerablemente al color)	Baja	Media
Cubierta de chapa metálica	Bajo coste	Media	Menor mantenimiento	Baja	Nula
Cubierta de policarbonato	Medio coste	Alta	Menor mantenimiento	Baja	Alta

Figura 9. Tabla comparativa de las distintas soluciones para cubierta.

Ahora, como ya se ha realizado con las posibles estructuras a construir, se hará lo mismo con las distintas posibilidades de materiales que se podrían emplearse para la realización de la cubierta siguiendo la leyenda de la Figura 7.

Características	Precio	Resistencia	Mantenimiento	Adecuación estética	Transparencia
Tipo de cubierta					
Cubierta de albañilería	2	5	4	5	1
Cubierta de PVC	5	3	2	2	3
Cubierta de chapa metálica	5	3	4	1	1
Cubierta de policarbonato	3	5	4	3	5

Figura 10. Valoración de cada una de las propuestas en función de la leyenda de la Figura 7.

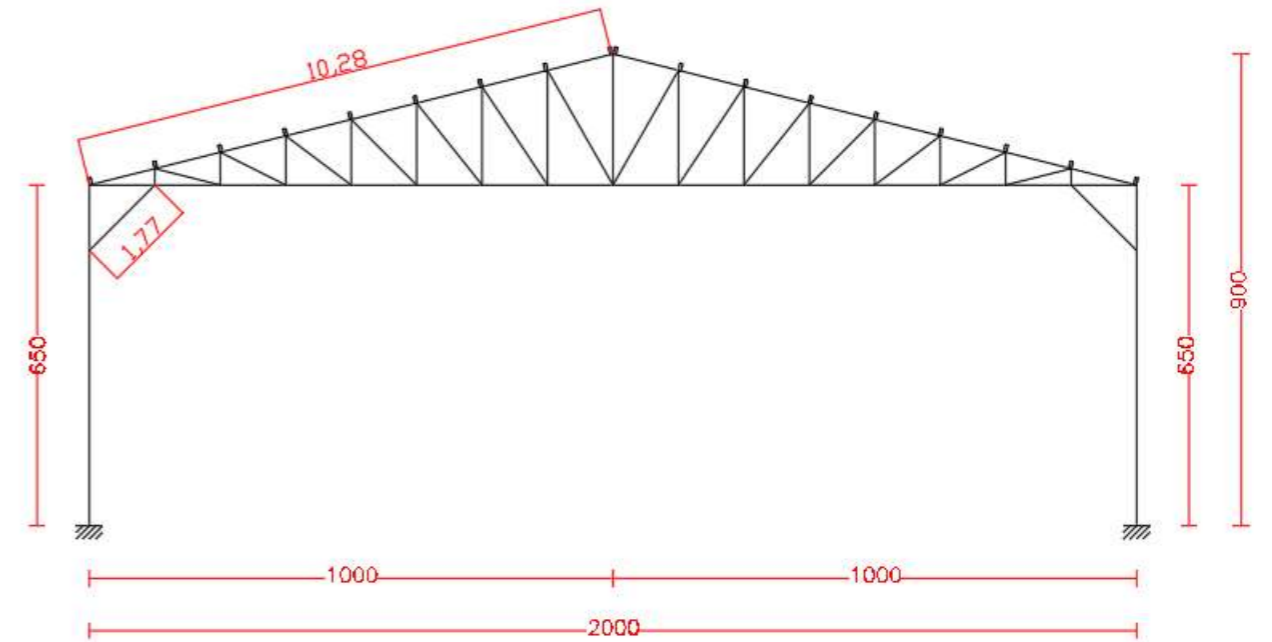


Figura 12. Forma y cotas de las cerchas superiores

4. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Como se puede observar, en la Figura 8 el tipo de estructura que presenta más facilidades y que posee las mejores características es la estructura metálica, la cual es la que comúnmente se puede encontrar en el patio de cualquier centro educativo. A fin de que la estructura no reduzca la entrada de luz en las aulas contiguas, fijándonos en la Figura 10, el material que se escogerá para conformar la cubierta será policarbonato. A pesar de no estar cumpliendo la estética del edificio, estaremos cumpliendo el principal objetivo de no provocar que las aulas cuyas ventanas dan al patio donde se situará la cubierta queden en sombra y se produzca, por tanto, un aumento en el consumo energético en el centro de estudios.

La cubierta cubrirá en horizontal toda la dimensión de la pista de fútbol sala, es decir, 40 m x 20 m. Debido al fenómeno de la expansión térmica de este material, referido más adelante, habrá que restar a las anteriores medidas 35 mm/m.

De entre todos los tipos de láminas de policarbonato existentes, se ha escogido la opción de emplear láminas Selectogal de color transparente de 16 mm. Estas láminas cuentan con un peso de 0,03 kN/m² y un ancho de 1200 mm. La longitud estándar de las láminas de policarbonato está comprendida entre los 6 y 12 m. El total de superficie a cubrir para conformar la cubierta de policarbonato será de:

$$\text{Superficie} = 2 \times (40 \times 10,3) = 824 \text{ m}^2$$

Por tanto, teniendo ya en cuenta el fenómeno de la dilatación térmica, una vez puestas en obra contaremos con láminas de anchura 1,2 m y de largo 11 m, necesitando un total de 33 láminas de policarbonato por faldón, haciendo un total de 66 láminas.

Por otro lado, la estructura que soportará la cubierta estará formada por 9 pórticos, sumando un total de 18 pilares de 6,5 m de altura repartidos, de forma igualitaria, a un lado y a otro. Las parejas de pilares enfrentadas dos a dos estarán unidas por una cercha americana metálica y la luz entre pilares será de

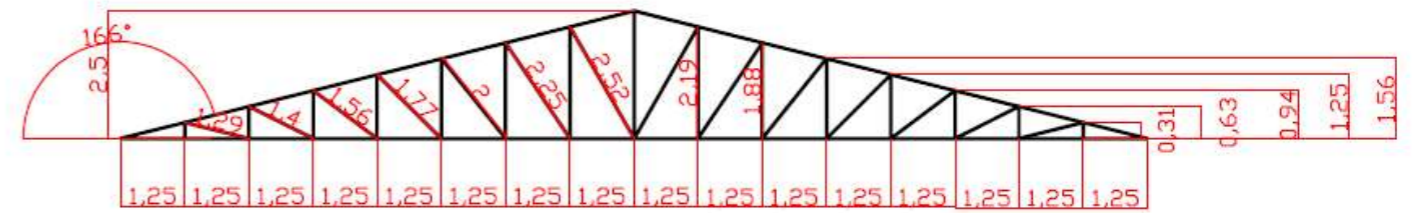


Ilustración 1Figura 13. Imagen completa de la estructura que soporta la cubierta

5m. Para sujetar cubierta se emplearán un total de 72 correas. Cada correa tendrá una longitud de 10 m y contarán con una separación entre ellas de 1,25 m.

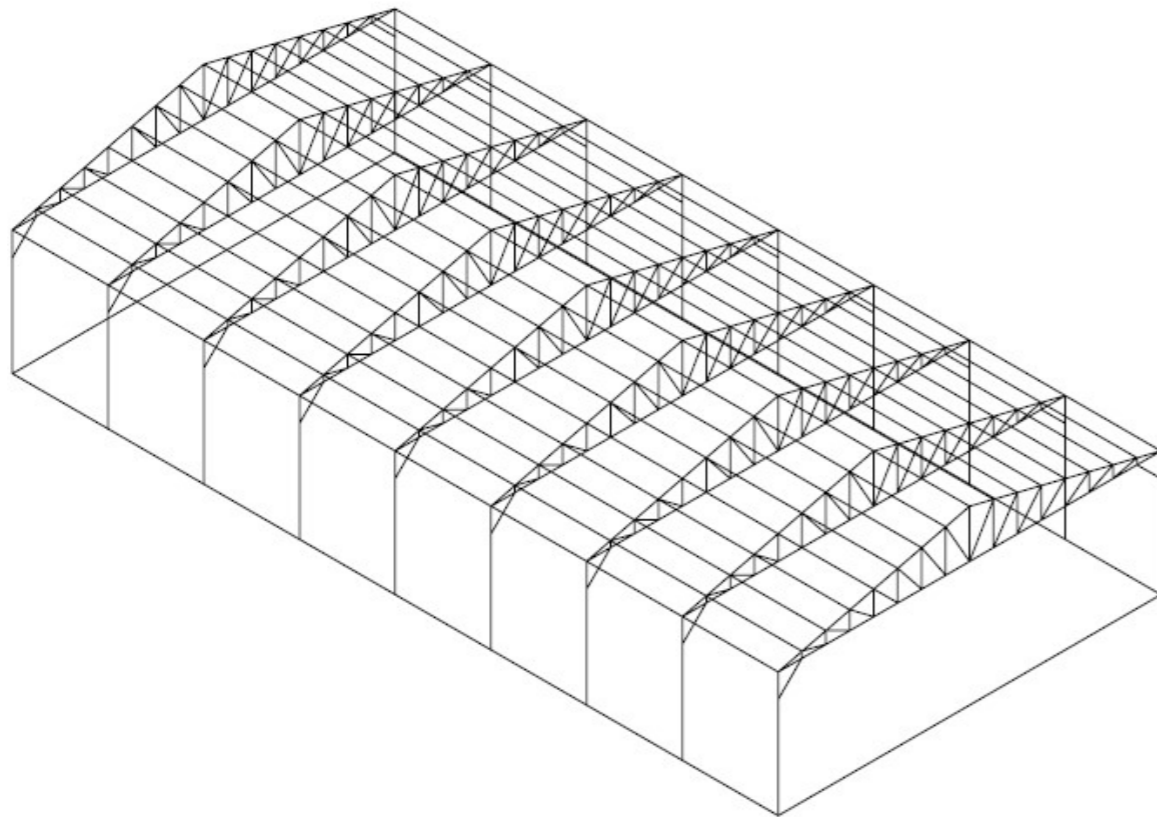


Figura 11. Forma y cotas de los pórticos que conforman la estructura

A continuación, se explican las características del material policarbonato y en concreto de las láminas Selectogal.

4.1.1. Policarbonato

El policarbonato es un material semirrígido y muy ligero, el cual puede curvarse en frío. Las planchas de policarbonato destacan por su alta resistencia al impacto y a las altas temperaturas (-40° a 120 °C), también por su fácil mecanización. Estas planchas son diez veces más resistentes que las de metacrilato y 250 veces más que las de cristal, además son ideales en el sector de la construcción debido a su ligereza y flexibilidad. El policarbonato posee, también, una transparencia de hasta el 70%, lo cual va a permitir crear un espacio diáfano y luminoso. Otras características destacables son:

- Protección UV.
- Buen aislante térmico.
- Gran resistencia al fuego. En caso de incendio, el material se derrite en lugar de prenderse.
- Tiene gran facilidad de montaje e instalación.
- Uno de los factores a tener en cuenta en la colocación de láminas de policarbonato es el fenómeno de la expansión lineal del material. El coeficiente de expansión lineal del policarbonato es de $6,7 \times 10^{-5} m/m ^\circ C$. Éste coeficiente resulta bastante alto en relación con la mayoría de otros materiales utilizados, normalmente, en la construcción. En términos prácticos, será necesario permitir 3,5 mm/m en el largo como en el ancho para la expansión térmica.

A continuación, se muestran tres tablas con los datos técnicos del policarbonato:

PROPIEDADES MECÁNICAS A 23°C	
Peso	1,6 g/cm ³
Resistencia a la tracción (fluencia/rotura)	650/ -- Kg/cm ²
Resistencia a la compresión	160/ 310 Kg/cm ²
Resistencia a la flexión	900 Kg/cm ²
Resistencia al choque sin entalla	NO ROMPE
Alargamiento a la rotura	80 %
Módulo de elasticidad (tracción)	23000 Kg/cm ²
Dureza	80-82 (dureza shore)
Coefficiente de roce estático s/acero	0,39
Coefficiente de roce dinámico s/acero	0,42
Resistencia al desgaste por roce	MEDIO

Figura 14. Tabla de propiedades mecánicas del policarbonato a 23°C.

PROPIEDADES TÉRMICAS	
Calor específico	0,28 Kcal/Kg °C
Temperatura de flexión B/carga (18,5 Kg/cm ²)	130 °C
Temperatura de uso continuo en aire	-60 a 120 °C
Temperatura de fusión	--
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0,000065 por °C
Coefficiente de conducción térmica	0,18 Kcal/m.h.°C

Figura 15. Tabla de propiedades térmicas del policarbonato.

PROPIEDADES QUÍMICAS	
Resistencia a hidrocarburos	DEFICIENTE
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente	MUY BUENA
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente	MEDIA
Comportamiento a la combustión	ARDE CON DIFICULTAD
Propagación de llama	AUTO EXTINGIBLE
Comportamiento al quemarlo	SE DERRITE
Color de la llama	ANARANJADO TIZNADO

Figura 16. Tabla de propiedades químicas del policarbonato.

Para concluir la descripción del material que cubrirá la parte superior de la estructura, en la siguiente tabla se resumirán las ventajas e inconvenientes que presenta el policarbonato:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Resistencia a golpes extremadamente elevada	Resistencia media a sustancias químicas
Transparente	Sensible al entallado
Resistencia y rigidez elevadas	Susceptible a fisuras de esfuerzos
Elevada dureza	Sensible a la hidrólisis
Elevada resistencia a la deformación térmica	
Elevada estabilidad dimensional (elevada resistencia a la fluencia)	
Buenas propiedades de aislamiento eléctrico	
Baja conducción del calor	
Fácil mantenimiento	
Alta resistencia ante los rayos solares	

Figura 17. Tabla de ventajas y desventajas del policarbonato.

Como se ha indicado, anteriormente, el policarbonato que se empleará para cubrición de la estructura es el denominado Selectogal. Las láminas Selectogal presentan la siguiente estructura:

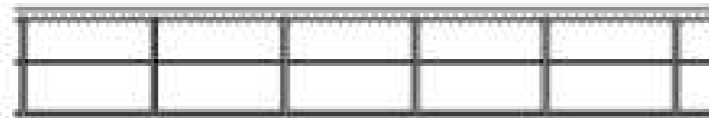


Figura 18. Estructura de una lámina de policarbonato Selectogal

Se trata de una patente exclusiva de Polygal, una de las empresas a nivel mundial más especializadas en la manufacturación de termoplásticos. Selectogal permite la penetración de un calor controlado dentro de la estructura y, a la vez, una buena transmisión de luz. Este último es un condicionante para nuestra estructura, ya que en caso contrario reduciría la luz que entraría en las aulas del edificio contiguo al emplazamiento de la cubierta. La estructura prismática con la que cuenta Selectogal permite reflejar la mayor parte del calor del sol en verano y una mayor penetración del calor solar en invierno. Esto es debido a que el efecto del prisma actúa de forma diferente según el ángulo de incidencia de los rayos solares.

Por otro lado, el error más común en materiales de estas características es que con el fin de reducir el calor del sol se reduce la transmisión de la luz. El valor que determina la cantidad de calor solar es SHGC (coeficiente de aumento de calor solar). Este calor indica cuanto de la energía del sol que golpea la lámina es transmitida en forma de calor. A medida que el SHGC aumenta, el aumento del calor potencial a través de una lámina dada aumenta. En el caso de la lámina Selectogal, este valor es de 0,35, lo cual significa que permitirá una escasa transferencia de calor al interior de la estructura. Aun así la transmisión de luz será del 75%, cumpliendo uno de los principales condicionantes de la estructura.

4.2. DATOS DEL CÁLCULO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.

Para el cálculo de la solución adoptada se ha empleado el programa de estructuras Cype 3D.

4.2.1. Normativa empleada

- Para el cálculo de la cimentación se ha empleado la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

- Par el cálculo de aceros laminados y armados se ha empleado el Código Técnico de Edificación, concretamente el Documento Básico de Seguridad Estructural y Acciones en la Edificación (CTE DB SE-AE)
- Norma de Construcción Sismorresistente, NCSE-02. Método de cálculo mediante espectros de respuesta (NCSE-02, 3.6.2)
- Categoría de uso: G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones.

4.2.2. Características del acero empleado en barras

Tipo	Acero laminado
Designación	S275
Módulo de elasticidad	$E = 210000 \text{ MPa}$
Módulo de Poisson	$\nu = 0,3$
Módulo de elasticidad transversal	$G = 81000 \text{ MPa}$
Límite elástico	$f_y = 275 \text{ MPa}$
Coefficiente de dilatación	$\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

4.2.3. Perfiles a utilizar

- Los pilares están formados por perfiles IPE360.
- Las cartelas están formadas por perfiles huecos de sección cuadrada SHS $80 \times 4 \text{ mm}$.
- Los cordones superiores e inferiores de las cerchas están formados por perfiles huecos de sección rectangular RHS $140 \times 60 \times 5 \text{ mm}$.
- Los montantes y diagonales de las cerchas se componen de perfiles huecos de sección cuadrada SHS $50 \times 3 \text{ mm}$.
- Para la cubierta se emplearán correas formadas por perfiles huecos de sección rectangular RHS $140 \times 60 \times 4 \text{ mm}$.

A continuación, se muestra un resumen de medición de los perfiles de un solo pórtico obtenido a partir del diseño en Cype 3D de nuestra estructura.

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	IPE	IPE 360	13.400	13.400	103.131	0.097	0.097	0.202	764.73	764.73	1582.78
			RHS 140x60x5.0	40.616			0.074			584.77		
		RHS	RHS 140x60x5.0	40.616	0.074		584.77					
			SHS 50x5.0	3.202	0.003		20.97					
			SHS 50x3.0	42.378	0.023		179.73					
		SHS	SHS 80x4.0	3.536	0.004		32.58					
			SHS	49.116	0.030		233.28					

Figura 19. Resumen de medición de los perfiles empleados en un solo pórtico.

Acero laminado: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria (m²/m)	Longitud (m)	Superficie (m²)
IPE	IPE 360	1.384	13.400	18.546
RHS	RHS 140x60x5.0	0.382	40.616	15.533
SHS	SHS 50x5.0	0.182	3.202	0.584
	SHS 50x3.0	0.189	42.378	8.028
	SHS 80x4.0	0.306	3.536	1.082
Total				43.773

Figura 20. Resumen de medición de superficie de los distintos perfiles que componen un único pórtico.

4.2.4. Cimentación

Para la cimentación se han diseñado zapatas rígidas excéntricas para transmitir las cargas de la cubierta al terreno sin superar la tensión admisible del mismo:

- Dimensiones de la zapata 2,90 × 1,50 m
- Canto de la zapata 1 m
- Relación vuelo/ canto ≤ 2 (zapata rígida)
- Cota de cimentación respecto al nivel de referencia (superficie de la pista de fútbol sala): -2,5 m
- Tipo de hormigón HA-25/ B/ 30/ IIa
- Densidad del hormigón 2500 kg/ m3
- Tipo de armadura pasiva B 500 SD (corrugado)

Las comprobaciones, reflejadas en el anejo estructural, se han realizado sobre las zapatas que soportan el pórtico más desfavorable (N3 Y N1): el pórtico nº2 o pórtico nº8.

Debajo de cada zapata se colocarán 0,43 m de hormigón de limpieza.

4.2.5. Armado

Armado superior e inferior en X: 14 Ø16c/ 20

Armado superior e inferior en Y: 7 Ø16c/ 20

Las mediciones de dichas zapatas se resumen a continuación:

Elemento	B 500 SD, $\gamma_s = 1,15$ (kg)		Hormigón (m³)	
	Ø16	HA-25, $\gamma_c = 1,5$	Limpieza	
Referencias: N3 Y N1	2 × 166,76	2 × 4,35	2 × 0,43	
Totales	333,52	8,70	0,87	

Figura 21. Resumen mediciones de las zapatas N1 y N3

4.2.6. Placas de anclaje

Las comprobaciones sobre las placas de anclaje, ubicadas en la cimentación N1 y N3, se reflejarán en el anejo estructural. La medición de las placas de anclaje se refleja en la siguiente tabla:

Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	2	350 × 550 × 20	60,45
	Rigidizadores pasantes	4	550/360 × 100/0 × 8	11,43
	Total			71,87
B 500 S $\gamma_s = 1,15$ (corrugada)	Pernos de anclaje	12	Ø20 - L = 660 + 194	25,28
	Total			25,28

Figura 22. Resumen medición placas de anclaje.

4.2.7. Soldaduras

Las uniones soldadas de la cimentación contarán con las siguientes disposiciones constructivas:

- En primer lugar, las siguientes disposiciones serán de aplicación para uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean de al menos de 4mm.
- Los cordones de las soldaduras en ángulo no tendrán un espesor de garganta inferior a 3mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.
- Aquellos cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean inferiores a 40 mm o a 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.
- En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta

y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.

- Las soldaduras en ángulo situadas entre dos piezas que forman un ángulo β deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60° y 120° . De lo contrario:
 - Si $\beta > 120^\circ$ se considerará que no transmiten esfuerzos.
 - Si $\beta < 60^\circ$ se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.
- Soldadura a tope. Una soldadura a tope es de penetración total si la fusión entre el material base y el de aportación se produce en todo el espesor de la unión; se define como de penetración parcial, cuando la penetración sea inferior a dicho espesor. En ambos casos el tipo de unión podrá ser a tope o a tope en T.

Las comprobaciones realizadas a las soldaduras son, según el tipo:

- Cordones de soldadura a tope con penetración total. No es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidad.
- Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes. Se comprueban como soldadura en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A)
- Cordones de soldadura en ángulo. Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.

En la cimentación encontramos tres tipos diferentes de soldadura:

- Pilar IPE 360. Cordones de soldadura. Referencia: Soldadura perimetral a la placa. Ejecución: en el lugar de montaje.
- Cordones de soldadura a tope con penetración total. Referencia: Soldadura del rigidizador a la placa base. Ejecución: en taller.
- Cordones de soldadura. Referencia: Soldadura de los pernos a la placa base. Ejecución: en taller

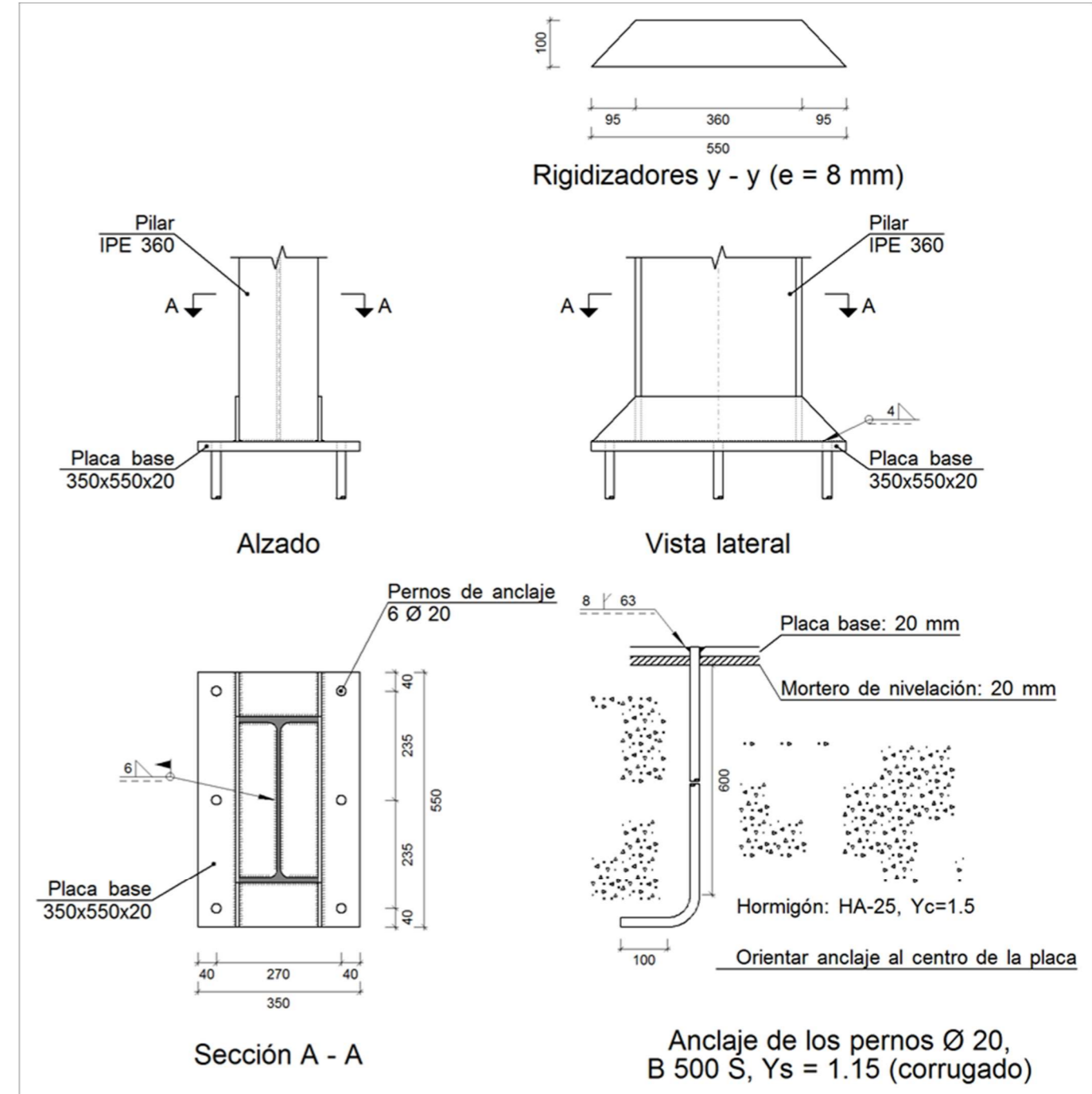


Figura 24. Detalle constructivo de la cimentación completa. Fuente: Cype3D.

5. PLAN DE OBRA.

El plan de obra se resumirá en varias partes:

5.1. ACTUACIONES PREVIAS

Preparación del emplazamiento para la obra que se prevé construir, colocación de casetas de obra, oficina de obra, servicios, almacén para pequeños materiales, así como, acopio de materiales.

5.2. EJECUCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Excavación de material, construcción de la zapata y colocación de los elementos ya soldados en taller como son las placas de anclaje y rigidizadores.

5.3. COLOCACIÓN DE LOS PERFILES

Se soldarán en obra los perfiles IPE360 a las placas de anclaje. Una vez hecho esto, se procede al relleno de los pozos con hormigón ciclópeo hasta la superficie. Luego se colocarán las cerchas conformando la totalidad de los pórticos y, por último, las correas.

5.4. COLOCACIÓN DE LA CUBIERTA

Una vez terminada la estructura metálica se cubrirá la parte superior con las láminas de policarbonato Selectogal dando por finalizada la totalidad de la estructura.

Una vez acabada la estructura se procederá a asfaltar con el mismo tipo de asfalto que el preexistente antes de la obra, las zonas de la pista de fútbol sala que hayan sido levantadas para la colocación de la cimentación; y, se pintarán las marcas propias de una pista de fútbol sala.

6. VALORACIÓN ECONÓMICA.

El presupuesto final de la obra será 190224,93 €

CIENTO NOVENTA MIL DOSCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON NOVENTA Y TRES CENTIMOS

Andrea López Tristante

49197163 W