



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.



Agradecimientos

Después de la finalización de este ciclo formativo me gustaría mostrar mi agradecimiento a todas las personas que han hecho posible que haya alcanzado este objetivo.

En primer lugar, agradecer a mi tutor de este trabajo, Hector Saura Arnau, por guiarme en este proyecto a la vez que ayudarme a dar un paso más, tanto de conocimientos como de motivación, en el mundo de la construcción.

En segundo lugar, agradecer a mis padres la educación que he recibido de ellos y el apoyo que he recibido desde que soy pequeño para llegar hasta este punto. Por otro lado, agradecer también a mi hermano por la confianza puesta en mí durante estos años.

En tercer lugar, agradecer a mi pareja por todo el apoyo recibido y por haberme dado fuerzas en todo momento para dar lo mejor de mí.

En cuarto lugar, agradecer al personal docente de la escuela por todos los conocimientos adquiridos y la implicación para la obtención de los mismos.

Por último, agradecer a mis compañeros y amigos por haber hecho de este ciclo una aventura perfecta.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.



Resumen

Se realiza el diseño y cálculo de una estructura para un edificio de oficinas localizado en Valencia. Esto se realiza mediante la aplicación de conocimientos sobre la construcción, la utilización del CTE y el empleo del programa CYPEcad. Mediante estos medios se llega a obtener una estructura sostenible y viable para el uso que cumpla con la normativa vigente.

Resum

Es realitza el disseny i càlcul d'una estructura per a un edifici d'oficines localitzat a València. Això es realitza mitjançant l'aplicació de coneixements sobre la construcció, la utilització del CTE i l'ocupació del programa CYPECAD. Mitjançant aquests mitjans s'arriba a obtenir una estructura sostenible i viable per l'ús que compleixi amb la normativa vigent.

Abstract

The design and calculation of a structure for an office building located in Valencia is carried out. This is done through the application of knowledge about the construction, the use of the CTE and the use of the CYPEcad program. By means of these means it is possible to obtain a sustainable and viable structure for the use that complies with the current regulations.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.



ÍNDICE DE DOCUMENTOS

1. DOCUMENTO I. MEMORIA DESCRIPTIVA.
2. DOCUMENTO II. ANEXO DE CÁLCULO.
3. DOCUMENTO III. ANEXO DE PRESUPUESTO.
4. DOCUMENTO IV. PLANOS.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.





Diseño y cálculo de la estructura de un edificio
de oficinas de 2160 m² en Valencia.



1. DOCUMENTO I. MEMORIA DESCRIPTIVA.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.





Índice

1. Introducción.	3
2. Antecedentes.	4
3. Localización.	6
3.1. Ordenanzas.	6
3.2. Parcela.	7
3.3. Distribución de la parcela.	8
4. Normativa.	9
5. Descripción del proyecto.	10
5.1. Tipos de forjado.	10
6. Proceso de diseño y cálculo estructural.	13
7. Esquema estructural.	14
7.1. Forjado de viguetas y bovedillas.	14
7.2. Forjado de placa alveolar.	15
7.3. Forjado de chapa colaborante.	15
8. Pre-dimensionado.	17
8.1. Elección del tipo de pilares y vigas.	17
8.2. Cargas.	20
8.3. Cálculo.	20
8.3.1. Cálculo de vigas.	21
8.3.2. Cálculo de pilares.	23
9. Modelo de cálculo.	25
9.1. Acciones.	25
9.2. Materiales.	26
9.3. Escaleras.	26
9.4. Ascensores.	27
9.5. Arriostramientos.	28
9.6. Uniones.	28
9.7. Cimentación.	29
9.8. Modelos de cálculo.	29
9.8.1. Modelo de cálculo con forjado de viguetas y bovedillas.	30
9.8.1.1. Vigas y pilares.	31



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.



9.8.1.2.	<i>Cruces de San Andrés.....</i>	32
9.8.1.3.	<i>Cimentaciones.....</i>	33
9.8.2.	<i>Modelo de cálculo con forjado de placa alveolar.....</i>	38
9.8.2.1.	<i>Vigas y pilares.....</i>	39
9.8.2.2.	<i>Cruces de San Andrés.....</i>	42
9.8.2.3.	<i>Cimentaciones.....</i>	42
9.8.3.	<i>Modelo de cálculo con forjado de chapa colaborante.....</i>	47
9.8.3.1.	<i>Vigas y pilares.....</i>	47
9.8.3.2.	<i>Cruces de San Andrés.....</i>	50
10.	<i>Resumen de presupuesto y tiempos.....</i>	58
10.1.	<i>Modelo forjado de viguetas y bovedillas.....</i>	58
10.2.	<i>Modelo forjado placa alveolar.....</i>	59
10.3.	<i>Modelo forjado chapa colaborante.....</i>	60
11.	<i>Conclusiones.....</i>	61



1. Introducción.

Se va a proceder a realizar el diseño de un edificio de oficinas. Este diseño consta desde la realización de la distribución de cada planta del edificio, pasando por la distribución de los pórticos en función de los planos de cada planta, hasta llegar al cálculo de la estructura mediante el dimensionamiento de la misma.

Para realizar dicho diseño se van a plantear tres distribuciones de pórticos distintas en función del tipo de forjado a emplear y las condiciones que esto genera. De modo que al concluir el diseño y cálculo de cada una de las distribuciones de pórticos, se procederá a comparar cuál de ellas es más económica, en cuanto a coste y tiempo, y por tanto, cuál de ellas se escogerá.

Todo esto se va a realizar en base al Código Técnico de la Edificación (CTE), y mediante el apoyo de documentación bibliográfica, así como de CYPECAD, un programa de cálculo de estructura que contempla el Código Técnico citado anteriormente.

2. Antecedentes.

La empresa Ingenieros S.A. se ha puesto en contacto con el ingeniero para que realice el diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de tres plantas. Para ello, dicha empresa ha hecho entrega de los planos de cada planta y ha estipulado que la altura entre ellas sea de 3.5 metros. Además, cada planta presenta una superficie de 720 m². Por tanto, se trata de un edificio de 10.5 metros de altura y 2160 m².

Los planos se muestran en las siguientes figuras (Figura 1, Figura 2 y Figura 3):

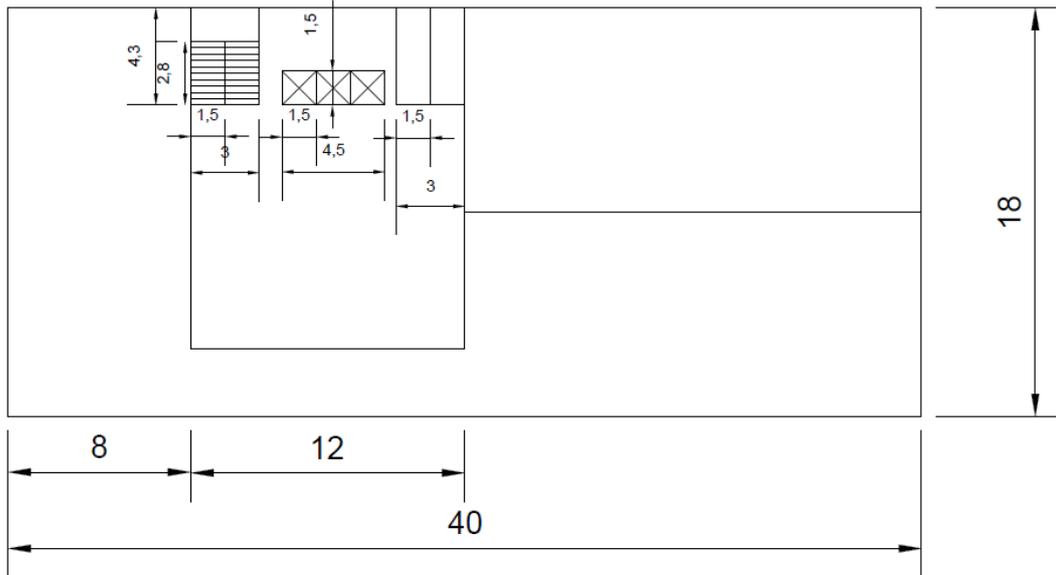


Figura 1 - Plano planta baja.

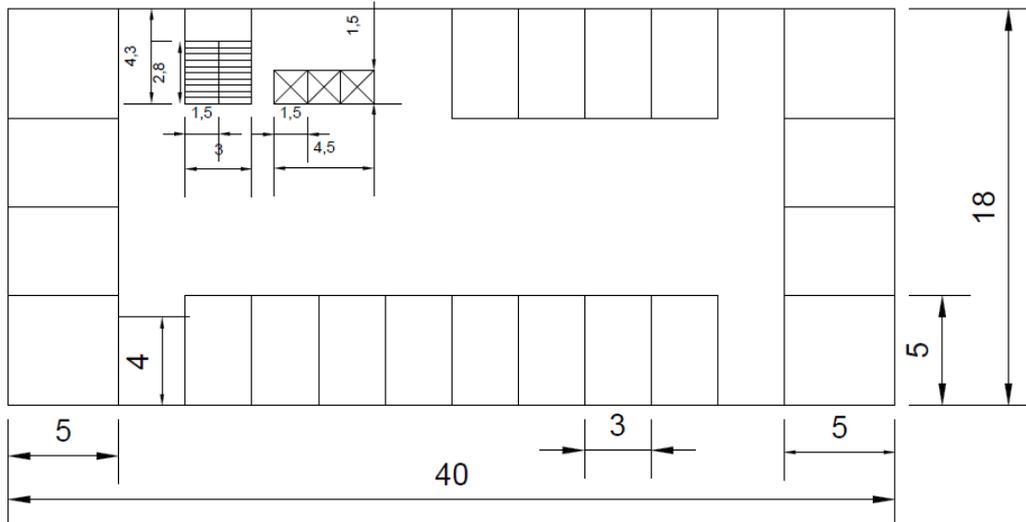


Figura 2 - Plano primera planta.

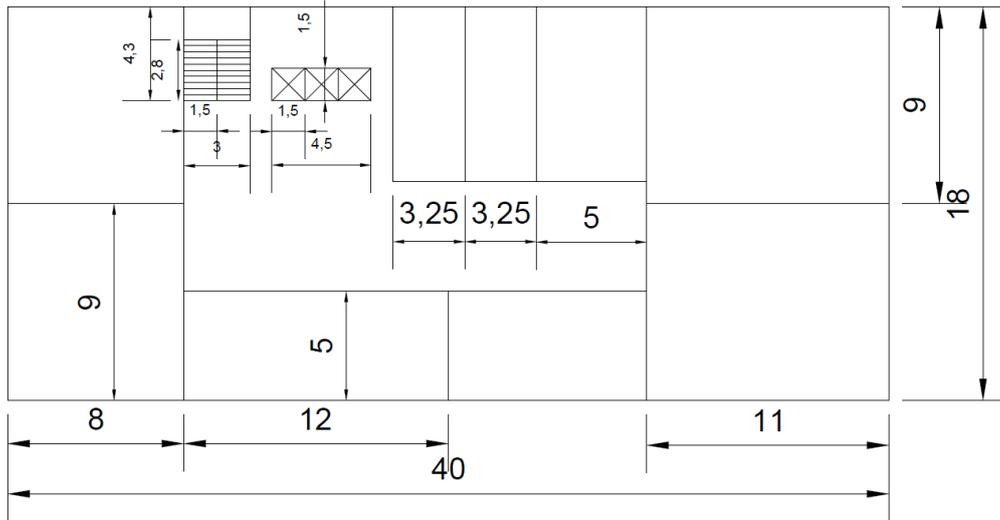


Figura 3- Plano segunda planta.

Se puede observar como en la planta baja (Figura 1) se encuentra una terraza diáfana, una recepción y un bar. En la primera planta (Figura 2), se tienen despachos rodeando una zona central diáfana de trabajo en grupo. Y por último, en la segunda planta (Figura 3), se haya los despachos más importantes, algunas salas de reuniones, y una terraza de uso comunitario.

Sobre estos planos se tiene que diseñar una estructura que sea sostenible y económica para el soporte del edificio.

3. Localización.

La localización del edificio es muy importante, ya que va a determinar muchos de los factores que se van a tener en cuenta para el cálculo de dicha estructura y el tipo de procesos a los que va a tener que ser sometido el material a emplear en esta.

Esta empresa solicita que el edificio se encuentre en Valencia, más concretamente en el polígono Fuente del Jarro, ubicado en Paterna. Esto se debe a que la empresa se dedica a realizar auditorías a fábricas industriales, de las cuales en este polígono abundan, y se puede considerar una localización con mucho potencial. Además se requiere de un polígono ya que, al alojar muchos trabajadores, es necesario disponer de parking. Por otro lado, en el caso de que estos no dispongan de vehículos, se puede acceder sin problemas mediante el metro. Y por último, la localización es idónea, debido a que a Paterna se puede acceder, de modo sencillo, mediante diferentes carreteras en función del destino de salida, ya sea por la pista Ademuz o la V-30. La localización se muestra en la Figura 4:



Figura 4- Localización de la parcela.

3.1. Ordenanzas.

Una vez se conoce el polígono donde se va a ubicar el edificio, se ha de buscar una parcela o varias para localizar dicho edificio. Para ello se ha de conocer la normativa del polígono o de la población en la que se encuentre este y ver los requisitos que se exigen.

Antes de que se seleccione la parcela, se debe de conocer las ordenanzas reguladoras de dicho polígono, que se puede leer en la web del ayuntamiento de paterna. En ella, la ordenanza primera estipula la categoría de la industria, que en este caso se considera una industria ligera, ya que se tienen 720 m² de superficie de ocupación del edificio en el terreno más los requisitos de superficie que imponga la ordenanza. Por lo tanto la superficie de la parcela se encontrará en el rango entre 500 y 3000 m². Para este tipo de industria, la ordenanza dicta que no se requiere aparcamiento en el interior y que solo se ha de disponer de un único acceso. Sin

embargo, si no es colindante en sus límites traseros a otras parcelas se puede tener un acceso de servicio además del principal.

Siguiendo con las ordenanzas, hasta la séptima, la parcela está exenta de cumplir las anteriores. En la ordenanza séptima se estipulan los retranqueos. En el apartado “a” se estipula que, frontalmente, los bloques representativos se retranquearán 10 metros, como mínimo, contados a partir del límite de la parcela en la industria de categoría “I”, y en el caso de las otras dos categorías 5 metros como mínimo. En este caso, se trata de una categoría “III”, como se estipulaba en la ordenanza primera, por tanto el retranqueo de la fachada será de 5 metros. Además, esta ordenanza dice que los espacios libres obtenidos a causa de los retranqueos podrán destinarse a aparcamientos, zona verde o ambos.

Por último, en la ordenanza novena apartado “c”, se estipula que la altura máxima del bloque representativo constitutivo del frente de fachada será de tres plantas. Además, en esta misma condición, se estipula que la altura mínima libre de las plantas será de 2.5 metros. Ambas condiciones se cumplen ya que el edificio tiene tres plantas y la altura entre cada una de ellas de 3.5 metros.

3.2. Parcela.

Teniendo en cuenta, las ordenanzas aplicables a la parcela que se va a utilizar, se le han de añadir 5 metros de retranqueo a cada lado. Esto hace que su medida transversal sea como mínimo de 28 metros, mientras que la longitudinal sea de 50 metros mínimo. Por lo tanto la parcela ha de presentar una superficie mínima de 1400 m².

La parcela que más se ajusta a esta medida se trata de una, ubicada en “carrers dels pintors s/n”, que tiene 2358 m². Esta es la más pequeña en cuanto a superficie que se ajusta a las medidas mínimas. Además la ventaja que presenta es que independientemente de que la ordenanza dicte que no sea necesario un parking para industrias de clase “III”, se puede realizar un parking que pueda alojar los vehículos de los trabajadores y de los representantes de las empresas contratistas. La parcela se presenta en la Figura 5:

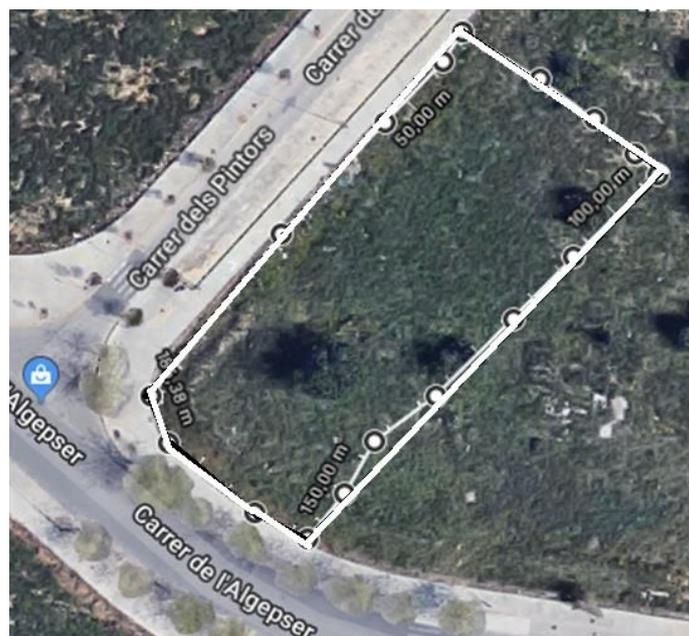


Figura 5-Parcela Fuente del Jarro.

3.3. Distribución de la parcela.

Una vez se ha seleccionado la parcela, se ha de proceder a la distribución de la misma. Como se ha comentado antes, la parcela presenta una superficie de 2358 m², mientras que el edificio una de 720 m². Se ha decidido que al espacio libre se le va dar uso como aparcamiento.

Para ello, se ha de consultar la ordenanza reguladora “Condiciones funcionales de aparcamientos” del Ayuntamiento de Valencia. En ella, en la sección segunda “Plazas de aparcamiento”, se estipula que las plazas de aparcamiento para vehículos turismo tipo serán, como mínimo de 2.20x4.50 m, pudiendo tener hasta un 20 por ciento de las plazas de los garajes dimensiones no inferiores a 2.20x4.00 m. Además, se estipula que aquellas plazas cuyo eje longitudinal está dispuesto perpendicularmente a la calle desde la que acceden, para plazas en batería y alguno de sus lados mayores este adosado a una pared, tendrán un ancho mínimo de 2.40 metros. Por otro lado en el punto 2, se establece que las plazas de minusválidos serán, como mínimo de 3.30x4.50 m, debiendo tener garantizado su accesibilidad.

Siguiendo con la ordenanza, en la sección tercera “Accesos”, se establece que la profundidad mínima de la meseta será de 5 metros. Luego, en la sección cuarta “Calles de circulación interior en el aparcamiento”, en el artículo octavo, se dice que las calles de circulación estarán en función del ángulo que forme el eje longitudinal de la plaza de aparcamiento con el eje de la calle. Por consiguiente, para un ángulo de 90 grados, el ancho mínimo de la calle de sentido doble es de 5 metros.

Por lo tanto, atendiendo a la normativa antes citada, se van a aplicar los retranqueos de 5 metros, el ancho de la entrada será de 6 metros, se van a disponer de 46 plazas de aparcamiento de dimensiones mínimas de las cuales 6 van a ser para minusválidos, y por último, el carril principal va a tener 5.23 metros de ancho, mientras los secundarios van a tener 6 metros de ancho. El resultado de la distribución se presenta en la Figura 6:

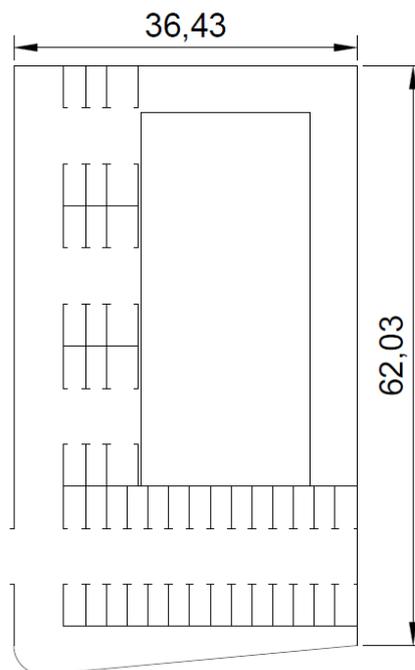


Figura 6-Plano de distribución de parcela.

4. Normativa.

Para cada aspecto de este proyecto se necesita una normativa específica que sirve de guía para la consecución del proyecto. La normativa que se va a aplicar se muestra en la Tabla 1:

Aplicación	Normativa	Designación
Parcela	Ordenanzas Reguladoras Fuente del Jarro	
Parking	Ordenanza Reguladora de las Condiciones Funcionales de Aparcamiento	
Cargas	Código Técnico de la Edificación "Seguridad Estructural. Acciones en la edificación"	CTE DB SE-AE
Acero	Código Técnico de la Edificación "Estructuras de Acero"	CTE DB SE-A
Hormigón	Código Técnico de la Edificación "Estructuras de Fábrica"	CTE DB SE-F
Madera	Código Técnico de la Edificación "Estructuras de madera"	CTE DB SE-M
Cimentaciones	Código Técnico de la Edificación "Cimentaciones"	CTE DB SE-C
Incendios	Código Técnico de la Edificación "Seguridad en caso de incendios"	CTE DB SI
Escaleras	Código Técnico de la Edificación "Seguridad de utilización y accesibilidad"	CTE DB SUA
Forjados	Instrucción de Hormigón Estructural	EHE-08

Tabla 1- Normativa del proyecto.



5. Descripción del proyecto.

Con los datos obtenidos de la empresa contratista, ya sean los planos del edificio y las alturas de los pisos, y una vez elegida la localización de este, con su consiguiente parcela y la distribución que se va a realizar en esta, según la norma, se va a proceder a realizar el proyecto.

El proyecto se basa en el diseño y cálculo de la estructura que va a sustentar dicho edificio. Para ello se van a diseñar tres tipos de distribución de pórticos en función del forjado a utilizar. Esto se debe a que se va a buscar la opción más rentable en función de dos criterios: tiempo y economía. Como buen proyecto industrial, se le va a ofrecer al cliente la mejor opción optimizando costes y trabajo, a fin de que este, se ahorre el máximo dinero posible sin dejar de lado la seguridad y fiabilidad de dicha estructura.

La estructura se ha decidido que va a ser metálica, ya que actualmente este tipo de estructura para edificios está en auge, debido a las ventajas que esta presenta en comparación con las estructuras de hormigón, ya sea la flexión y torsión de las vigas, y a la modernidad visual que esta provoca.

Para este diseño se van a tener en cuenta las acciones que actúan sobre el edificio, como es la sobrecarga de uso, el peso propio de la estructura y de los forjados, la nieve, la tabiquería... También se va a proceder al cumplimiento del CTE tanto para vigas, como para pilares, cruces de San Andrés, viguetas, cimentaciones... Y por último, se va a tener en cuenta la seguridad contra incendios en toda la estructura del edificio.

Todo este proceso se va a realizar con un pre-dimensionado y luego, una vez con los resultados orientativos de este, se va a requerir el apoyo del programa CYPECAD para concluir los cálculos.

5.1. Tipos de forjado.

Como se ha comentado anteriormente se van a diseñar tres distribuciones de pórticos en función del tipo de forjado, por lo tanto, se van a plantear tres tipos de forjado. Estos van a ser el forjado de viguetas y bovedillas, el forjado de placa alveolar y el forjado de chapa colaborante. Se trata de los tres forjados más empleados en el mundo de la construcción y cada uno presenta una serie de ventajas y desventajas en comparación con los otros.

En primer lugar, el forjado de viguetas y bovedillas está compuesto como su nombre indica por viguetas y bovedillas acopladas entre dichas viguetas. Las viguetas que se suelen emplear son de hormigón armado, pero también se pueden emplear, aunque es menos común, viguetas metálicas. Por otro lado, las bovedillas pueden ser cerámicas, de hormigón o de porexpan (poliestireno expandido).

Se trata de un forjado unidireccional, por lo tanto necesita transmitir las cargas que reciben sobre las vigas de dos de sus extremos opuestos para, a través de estas, dirigir dichas cargas a los pilares y por consiguiente a la cimentación. Este es el trabajo de las viguetas, que como se ha comentado antes suelen ser de hormigón armado. Por lo tanto, la resistencia del forjado se basa en su práctica totalidad en ellas. Eso hace que se requiera de un elemento aligerante apoyado entre las dos viguetas llamados, como se ha comentado anteriormente, bovedillas. Anteriormente se solían emplear, en la construcción, las bovedillas de hormigón. Sin embargo, en la actualidad es común emplear las bovedillas de porexpan.

Las bovedillas de porexpan, como todo, presentan ventajas y desventajas. La principal ventaja que presentan es que abaratan el coste de los elementos auxiliares para el montaje de forjados, lo cual, como se ha comentado antes, es una de las dos grandes finalidades de un proyecto de ingeniería. Además de ser más económico, con la utilización de estas bovedillas se aligera el peso del forjado. Esto es una gran ventaja, debido a que al reducirse el peso del forjado por consiguiente se reducirá el perfil de las vigas que recibirán la carga de dicho forjado. Y por último y no menos importante, actúan como un mejor aislante térmico que las de cerámica y hormigón. No obstante, a pesar de actuar como buen aislante térmico, de cara a la seguridad contra incendios, son más susceptibles y por tanto se deberá proteger el forjado contra el fuego.

Para concluir, el forjado de viguetas y bovedillas permite el ahorro en encofrado, tiempo y mano de obra. No obstante, este forjado, acepta unas luces máximas entre pórticos de 6 metros. Estas luces no son excesivamente grandes, lo cual obligará a que se ponga un mayor número de pórticos para la estructura. Este forjado se representa en Figura 7:



Figura 7- Forjado de viguetas y bovedillas.

En segundo lugar, la placa alveolar es un elemento superficial plano de hormigón pretensado, con canto constante, aligerado mediante alveolos longitudinales. Se trata de elementos prefabricados, por lo tanto el montaje de dicho forjado no es de gran complejidad. No solo que no sea de gran complejidad, sino que también ofrece un montaje cómodo. Esto se debe a que, una vez colocadas, actúan como una plataforma de trabajo inmediata. Además, una de las grandes ventajas se debe a que, los fabricantes ofrecen una gran gama de medidas de dichas placas, lo cual limita menos el trabajo del ingeniero. Por último y no menos importante, este tipo de forjados permite unas luces máximas del orden de doce metros. Esta gran ventaja hace que se hayan de emplear menos pórticos para la misma estructura. No obstante, el apoyo de este forjado necesita más superficie que el anterior, lo cual implica que se necesiten alas más grandes en las vigas de apoyo. Este forjado se representa en la Figura 8:

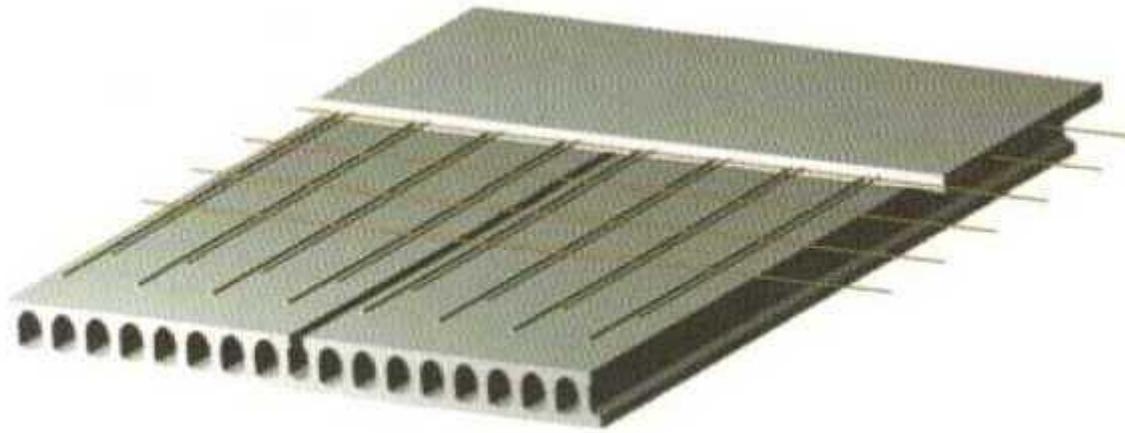


Figura 8- Forjado de placa alveolar.

Por último, el forjado de chapa colaborante es un forjado mixto, debido a que en él se combina acero y hormigón, y unidireccional, como el de viguetas y bovedillas, de modo que este forjado distribuye el peso en una sola dirección hacia las vigas. Consiste en una chapa grecada de acero galvanizado que forma unos nervios que serán la principal parte resistente del forjado. Sobre esta chapa se vierte el hormigón, acompañado de la armadura necesaria para completar el forjado. Este tipo de forjados, aunque requiere más complejidad en su montaje en obra que los forjados de placa alveolar, también permite a los operarios trabajar con comodidad, ya que también actúa como plataforma de trabajo. La limitación principal de este tipo de forjado es que requiere estructura metálica. No obstante, la estructura de este edificio es de estructura metálica, por lo tanto, no supone ningún inconveniente. Para concluir con este forjado, la luz máxima que permite es de 6 metros, como el de viguetas y bovedillas. Este forjado se representa en la Figura 9:

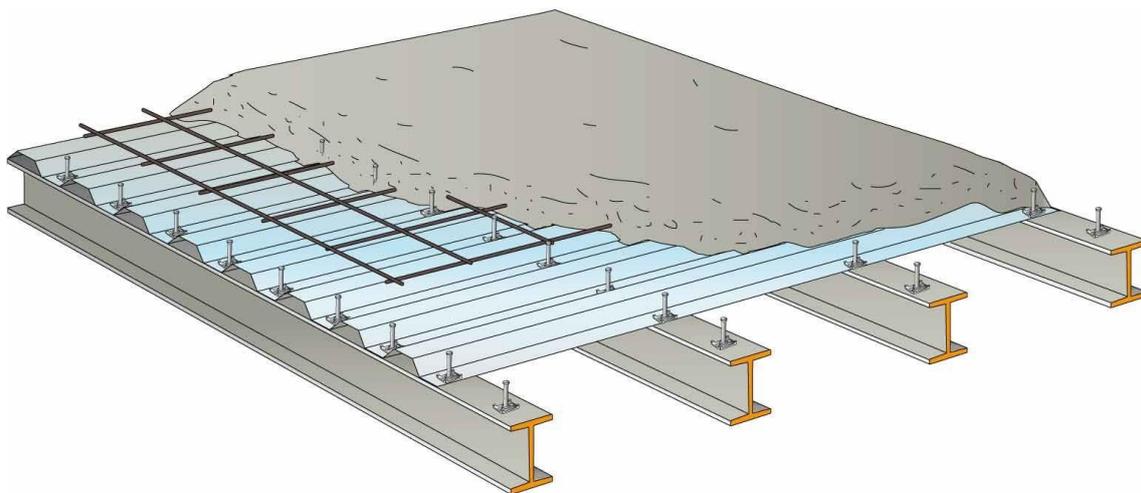
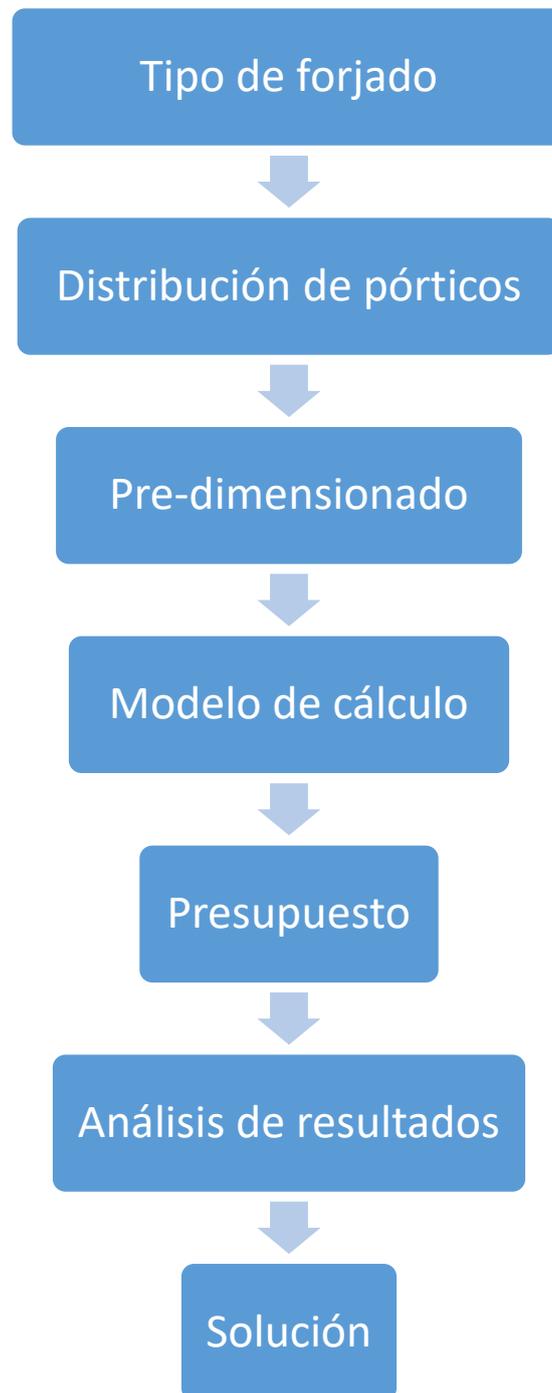


Figura 9- Forjado de chapa colaborante.

6. *Proceso de diseño y cálculo estructural.*



7. Esquema estructural.

La distribución de los pórticos, como se ha comentado con anterioridad, se va a llevar a cabo en función del tipo de forjado y las características de este. Por lo tanto, se tendrán tres distribuciones de pórticos diferentes con apoyos distintos dependiendo del forjado.

Lo primero que se debe tener en cuenta para distribuir los pórticos es que los pilares deben interferir lo menos posible en la comodidad del desplazamiento de las personas. Por ello, es conveniente que estos pilares pasen entre paredes de los despachos. Estos, rodean una zona central diáfana, donde no hay otra alternativa que los pilares pasen por el medio de esta.

Además, ya se han comentado con anterioridad las luces máximas admisibles para cada forjado. Esto va a determinar la separación que haya entre pórticos dependiendo de dónde apoyen estos.

7.1. Forjado de viguetas y bovedillas.

Teniendo en cuenta la luz máxima que admite este tipo de forjado y sabiendo los planos de cada planta, se ha decidido que apoye en la dirección longitudinal del edificio.

Esto se debe a que, sobre todo si se tienen en cuenta los despachos de la primera planta situados en la dirección transversal, se observa que las separaciones que hay entre ellos son dos de 5 metros y dos de 4. Lo cual hace que la luz entre pórticos sea inferior a la que permite este forjado como máxima. Además estas luces, al ser bastante inferiores al límite, permitirán reducir la carga que el forjado impone sobre las vigas de apoyo, lo cual hará que se requieran secciones más pequeñas para las vigas.

Además, otra de las ventajas que se obtienen utilizando de apoyo la sección longitudinal, es que solo son necesarios cinco pórticos. Esto va a hacer que se reduzcan los costes, debido a un uso de menor cantidad de acero, ya que con esta distribución se tienen cinco pórticos de cuarenta metros. Mientras que si se hubiera seleccionado la sección transversal, aparte de que las distancias entre pórticos serían superiores, lo cual implicaría el uso de perfiles mayores, se tendrían ocho pórticos de dieciocho metros cada pórtico. Que aunque sean menos metros de vigas en total, por el hecho de perfiles más grandes, se necesitaría más cantidad de acero. No obstante, se ha de tener en cuenta los huecos para escalera y ascensores. Por lo tanto, la distribución se presenta en la Figura 1:

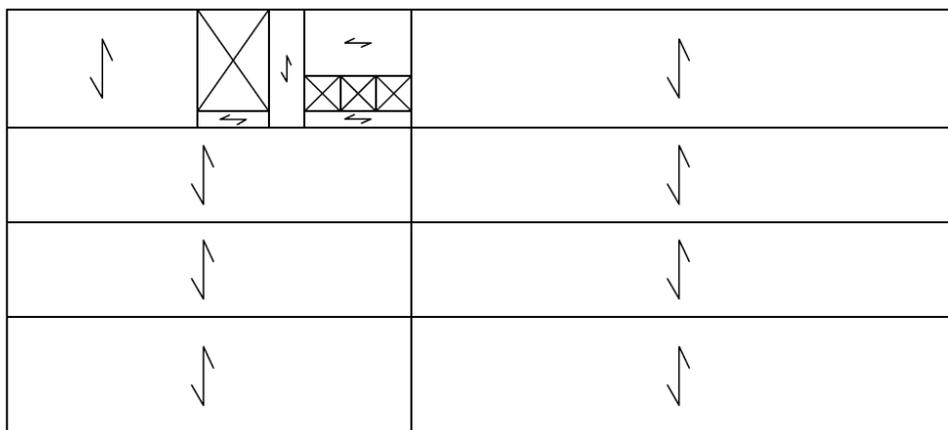


Figura 10- Distribución vigas forjado viguetas y bovedillas.

7.2. Forjado de placa alveolar.

En este caso, se pueden asumir luces muy superiores con respecto al forjado anterior, ya que se trata de un forjado aligerante. Esto resulta muy cómodo al combinarlo con los planos del edificio. Además, al resultar ser una estructura prácticamente simétrica, se tiene una solución muy sencilla respecto al apoyo.

Con la distribución de plantas comentada anteriormente y las dimensiones del edificio, se ve con claridad que la mejor opción es un apoyo longitudinal de este forjado. Esto se debe a que, principalmente la luz máxima que permite este forjado es de doce metros. Esta luz máxima es la que se debería poner si los apoyos del forjado fueran transversales, lo cual implicaría un gran peso del forjado que recaería sobre las vigas de apoyo, haciendo de su sección, una sección excesiva que probablemente debería ser subsanada con vigas mixtas.

Sin embargo, si se opta por los apoyos longitudinales, se obtendrían tres pórticos con luces de 9 metros entre ellos. Estas luces ya son consideradas luces grandes en el mundo de la construcción, lo cual permite de primeras, un ahorro de cantidad de acero. Además al disponer el edificio de 18 metros transversales y dicha distribución de plantas, es muy cómodo para los usuarios de dicho edificio. La distribución se presenta en la Figura 11:

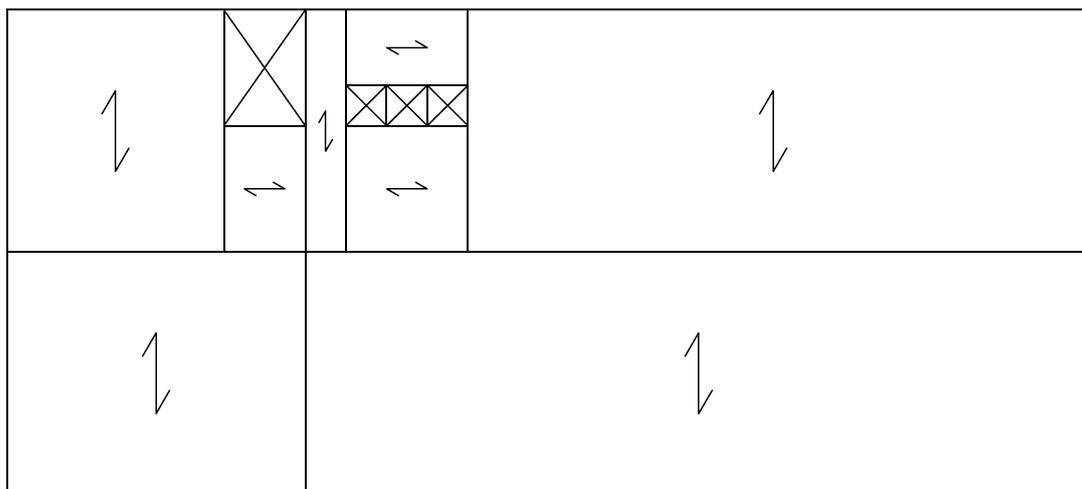


Figura 11- Distribución de vigas forjado de placa alveolar.

7.3. Forjado de chapa colaborante.

Por último, se tiene el forjado de chapa colaborante. Este tipo de forjado es más aligerante que el forjado de viguetas y bovedillas, por tanto se puede empezar a valorar la opción de intentar abarcar la máxima de luz que este permite.

La máxima luz que este permite, como ya es sabido, es seis metros, al igual que el forjado de viguetas y bovedillas. Pero a diferencia de este, su peso propio es inferior y por tanto se requerirán perfiles más pequeños que si se escogiera esta luz para el forjado de viguetas y bovedillas.

Dicho esto, observando los planos de las plantas, se tiene que si se apoya el forjado en la dirección transversal se obtienen luces del orden de 5 y 6 metros. Sin embargo, si se apoya longitudinalmente se obtienen del orden de 4 y 5 metros.

Por lo tanto, por todo lo que se ha explicado anteriormente, se ha seleccionado un apoyo transversal para este forjado. Además, se ha de tener en cuenta que este forjado requiere de vigas intermedias distribuidas con luces menores de 2.3 m. Esto se trata de una solución estructural a fin de evitar el apuntalado en fase de ejecución. Por lo tanto, para las luces de 5 metros se le añadirán dos vigas intermedias con una luz de 1.67 metros. Y para el caso de las luces de 6 metros se colocarán dos vigas intermedias con luces de 2 metros entre ellas. La distribución se muestra en la Figura 12:

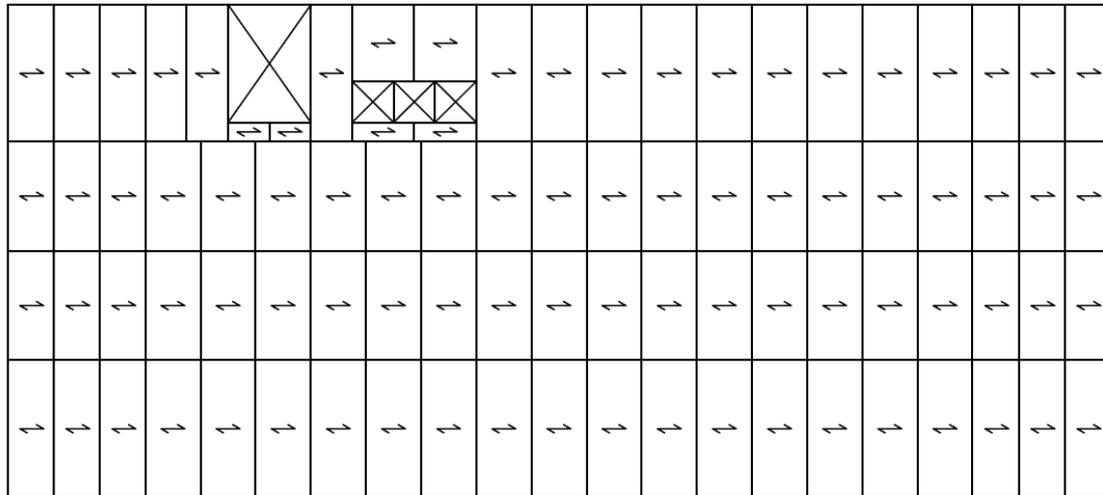


Figura 12-Distribución de vigas forjado de chapa colaborante.

8. Pre-dimensionado.

Antes de comenzar el modelo de cálculo de la estructura con el apoyo del programa CYPECAD, se considera conveniente realizar el pre-dimensionado de esta. Esto es un paso importante ya que, da una aproximación de las dimensiones de las vigas y pilares a utilizar, y ya se puede aproximar con cierta exactitud si se va a poder emplear dicha solución o será necesario buscar otras alternativas.

Para realizar este pre-dimensionado, se considera de gran ayuda el libro “Números gordos en el proyecto de estructuras”. Este libro da las pautas de cómo se realiza este y como bien indica el título, es una aproximación, ya que se emplean valores redondeados al alza.

Este pre-dimensionado se va a centrar solo en los pilares y las vigas de la estructura. Una vez se obtengan estos parámetros, con el apoyo del programa de cálculo CYPECAD se puede proceder a calcular el resto de elementos que componen la estructura.

8.1. Elección del tipo de pilares y vigas.

La estructura va a ser toda metálica, por tanto lo primero que se ha de tener claro es que tanto pilares como vigas van a ser metálicas. Por lo tanto, para empezar la pre-dimensión se habrá que seleccionar que tipos de perfiles se van a emplear para los pilares y cuales para las vigas.

De entre toda la extensa gama de perfiles metálicos que existen, para pilares se va a emplear el tipo de perfil HEB, ya que este perfil trabaja muy bien a compresión, que es el factor que más acusa a los pilares. Estos perfiles se muestran en la Figura 13:

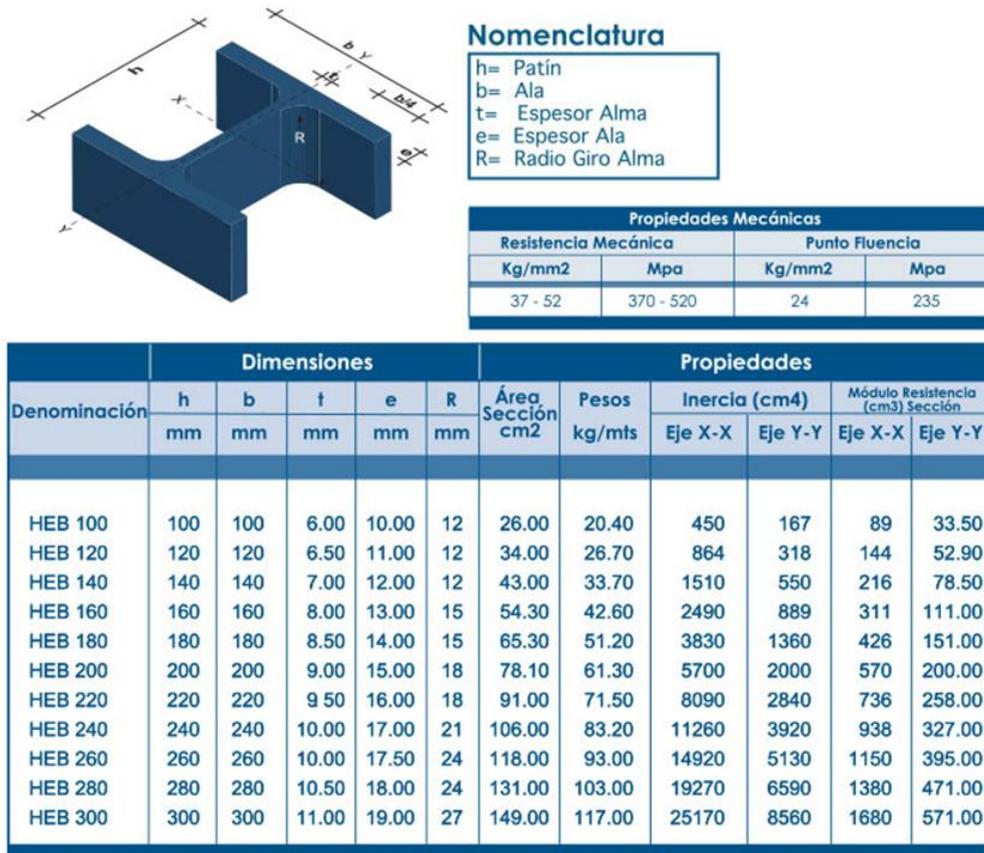


Figura 13-Tabla de perfiles HEB.

Los perfiles HEB vienen definidos por un nombre (número). Dicho nombre indica el canto en milímetros de dicho perfil. Además, para este tipo de perfiles, el ancho es igual al canto para perfiles inferiores al HEB 300, mientras que para perfiles superiores a este el ancho se mantiene en 300 milímetros. Por otro lado, el espesor del alma es de 3 a 6 mm por cada 100 mm de canto (los perfiles más grandes tienen más sección por unidad de canto). Por lo tanto, el área que presentan dichos perfiles, es del orden de 300 a 450 mm² por cada 100 mm de canto (los perfiles más grandes tienen más sección por unidad de canto).

Por otro lado, para las vigas, se van a emplear perfiles IPE. Estos, a diferencia de los HEB, trabajan mayoritariamente a flexión. Estos perfiles se muestran en la

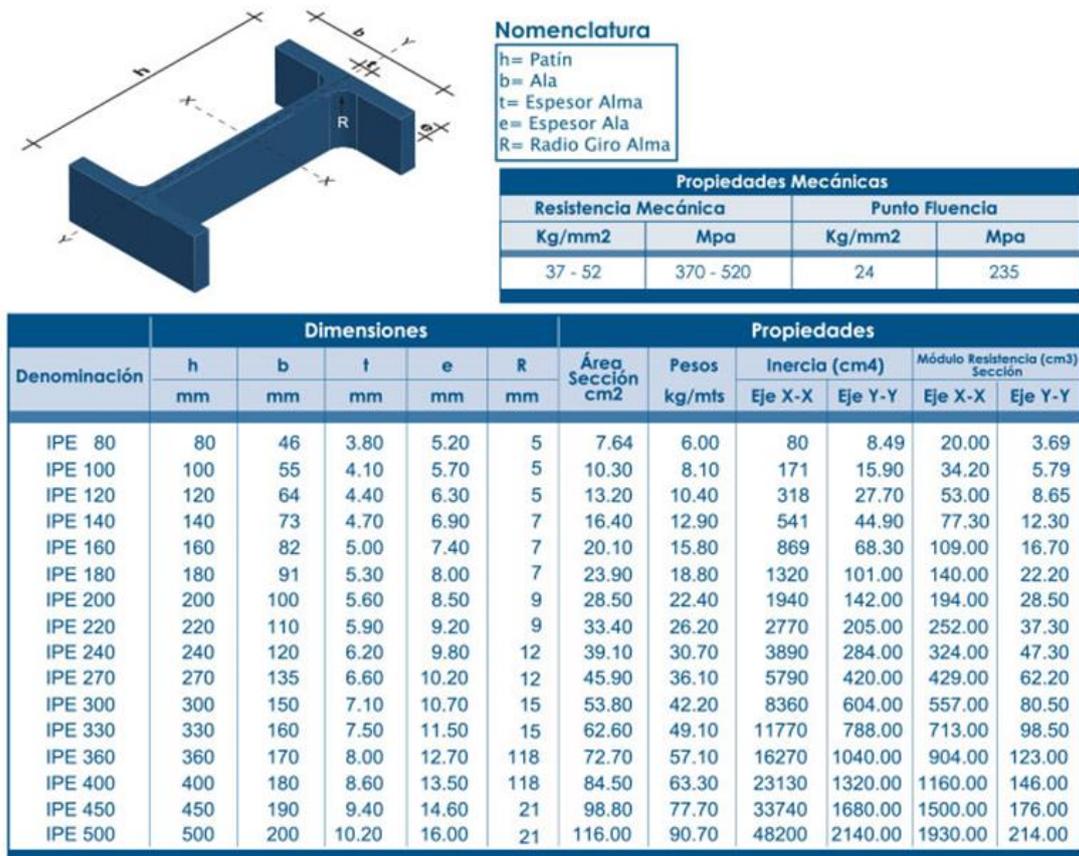


Figura 14- Tabla de perfiles IPE.

Al igual que los anteriores, estos perfiles también están clasificados por un nombre (número). Este nombre también indica el canto en milímetros de dicho perfil, pero a diferencia de los anteriores, su ancho es la mitad que el canto. Además presenta un espesor inferior que los HEB por cada 100 mm de canto, del orden de 2 a 4 mm. Por consiguiente, también presentará un área inferior por cada 100 mm de canto, aproximadamente de 120 a 240 mm².

Por último, se presentan la denominación de pilares según el tipo de forjado en la Figura 15, la Figura 16 y la Figura 17:

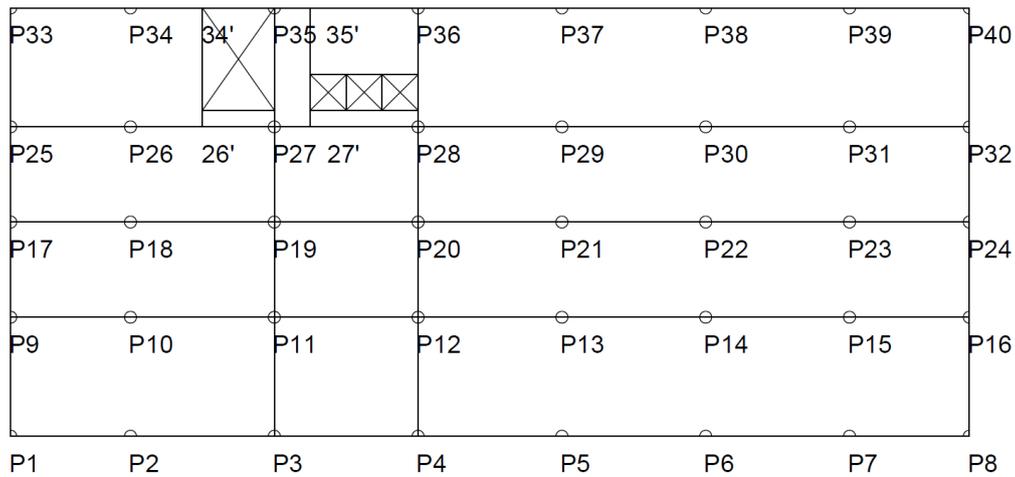


Figura 15-Pilares forjado de viguetas y bovedillas.

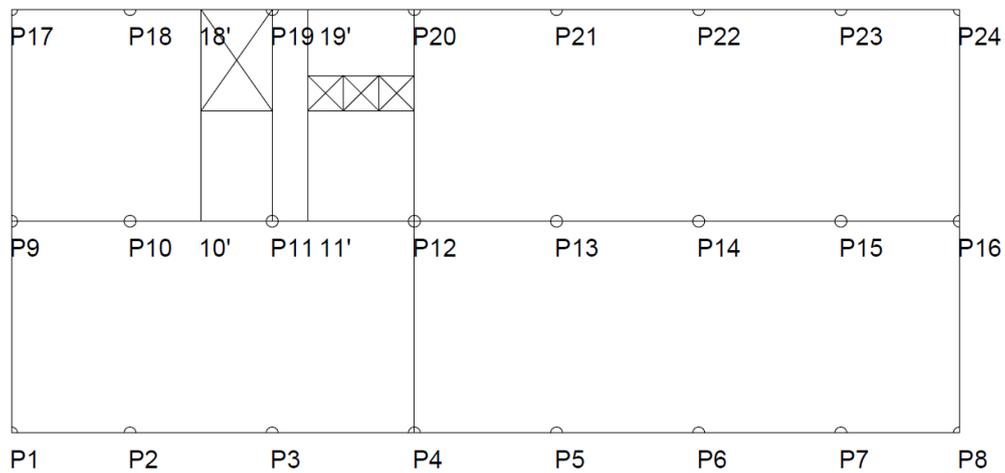


Figura 16-Pilares forjado de placa alveolar.

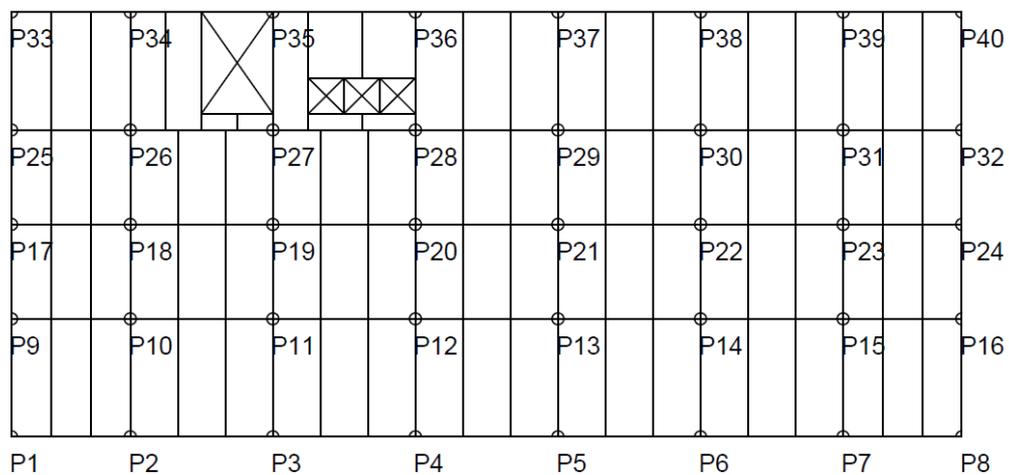


Figura 17-Pilares forjado de chapa colaborante.

8.2. Cargas.

Una vez determinados los perfiles que se van a emplear tanto para pilares como para vigas, se necesita saber que cargas va a recibir la estructura del edificio. En este caso, el edificio va a recibir tanto cargas horizontales como verticales. Como se ha comentado antes, el pre-dimensionado es una aproximación, por lo tanto, solo se van a tener en cuenta parte de las cargas verticales. Además, aunque no tengan las plantas la misma carga, ya que unas tendrán la sobrecarga de uso propia de la función del edificio, y la última tendrá el cerramiento superior del edificio y la carga de nieve correspondiente a la zona en la que se encuentre, se aproximará que las tres plantas tengan la misma carga distribuida por toda la planta. Para ello, por primera vez, se ha de recurrir al CTE. En este caso se van a valorar lo que concierne al DBSE-AE referido a las acciones en la edificación.

En primer lugar, se ha de considerar las acciones permanentes, las cuales son peso propio, pretensado y acciones del terreno. En cuanto al peso propio, se han de tener en cuenta los elementos estructurales, cerramientos, tabiquería... En cuanto a la tabiquería, se va a considerar el peso estándar de este, que se suele aproximar a 1 KN/m². El único parámetro que se va a considerar además del anterior es el peso propio del forjado. Para ello se ha de mirar el Anejo C "Prontuario de pesos y coeficientes de rozamiento interno". En la Tabla C.5 "Peso propio de elementos constructivos", en el apartado de forjados, se puede observar que para el forjado de viguetas y bovedillas (forjado unidireccional), considerando el mayor grueso de dicho forjado se obtiene un peso propio de 4 KN/m². Para el forjado de chapa colaborante (chapa grecada, forjado unidireccional), se va a tomar el máximo de los grosores de forjado, por lo tanto será también de 4 KN/m². Por último, para el forjado de placa alveolar (bidireccional), se tomará un grueso no superior a 30 mm, y por lo tanto también 4KN/m². Por lo tanto, se van a considerar un total de 5KN/m² de acciones permanentes para los tres modelos de estructura.

Por último, se va a considerar solo como acciones variables la sobrecarga de uso. Para ello se va a recurrir a la Tabla 3.1 "Valores característicos de la sobrecarga de uso". Como ya se ha comentado con anterioridad, el edificio va a ser un edificio de oficinas, y por tanto, su categoría de uso será la categoría B, referente a zonas administrativas. Para ello, el CTE asigna un valor de 2KN/m². Debido a que este es el único valor que se va a tener en cuenta en cuanto acciones variables, se tendrán solo 2 KN/m² para los tres modelos de estructura.

Por tanto, como se ha comentado, al ser una aproximación, no se van a valorar más parámetros y se le aplicará a cada una de las plantas, incluyendo la cubierta, un valor total de 7 KN/m².

8.3. Cálculo.

Para el cálculo no se van a tener en cuenta los huecos del ascensor ni de la escalera. Esto se hace para simplificar el pre-dimensionado y bastará para dar una idea de cómo va a ser la estructura.

Lo primero que se va a realizar es el cálculo de las cargas lineales de cada una de las vigas, utilizándose la carga superficial total que se ha considerado. Y luego, una vez se han obtenido las cargas lineales de las vigas, se van a calcular los axiles de los pilares.

8.3.1. Cálculo de vigas.

Para ello, lo primero que habrá que calcular será el momento de cálculo (M_d), a través de la Ecuación 1:

$$M_d = \gamma_f q \frac{L^2}{8}$$

Ecuación 1-Momento de cálculo.

Donde M_d (mT) es el momento de cálculo, γ_f es un coeficiente de mayoración que equivale al valor 1.5, q (T/m) es la carga lineal que se encuentra distribuida a lo largo de la viga y L (m) es la luz de la viga. Una vez se sabe el momento de cálculo se va a proceder a calcular el módulo resistente a través de la Ecuación 2 y la Ecuación 3:

$$W_{nec} = \frac{M_d}{f_{yd}}$$

Ecuación 2- Módulo resistente.

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M}$$

Ecuación 3-Límite elástico

En este caso para todos los tipos de estructura, se va a utilizar el mismo acero, por lo tanto f_y valdrá 275 para todos los casos y γ_M será 1.05, por tanto, f_{yd} para todos los casos valdrá 261.905 N/cm² que son aproximadamente 2619.05 Kg/cm². Por último, el módulo resistente (W_{nec}) se mide en centímetros cúbicos (cm³).

Por otro lado, para calcular la inercia necesaria se va a utilizar la Ecuación 4:

$$I_{nec} = \frac{5qL^4}{384E \frac{L}{\Psi}}$$

Ecuación 4-Inercia.

Donde q (T/m) es la carga lineal, L (m) es la luz de la viga, E ($2 \cdot 10^6$ Kg/cm²) es el módulo elástico, e I_{nec} (cm⁴) es la inercia necesaria. Además el cociente de L y Ψ realmente es la flecha, ya que Ψ es el cociente entre la luz y la flecha. Este cociente varía en función de la luz de la viga. Esta variación viene reflejada por la Tabla 2:

Valor	Condición
250	Para vigas o viguetas de cubierta
300	Para vigas de hasta 5 metros de luz
400	Para vigas de más de 5 metros de luz
500	Para vigas que soportan muros de fábrica

Tabla 2- Límite para el valor de flecha.

Con estos datos resultados, se ha de buscar en la tabla de perfiles IPE, el perfil mínimo que cumpla estas dos condiciones y este será el perfil por el que se va a optar en la pre-dimensión.

Una vez realizado esto, los resultados de las vigas que se han obtenido para cada modelo de estructura se presentan en la Tabla 3, la Tabla 4 y la Tabla 5:

Vigas	Luz (m)	Carga (kN/m)	M _d (cmKg)	Ψ	W _{nec} (cm ³)	I _{nec} (cm ³)	Perfil
1-2, 7-8, 33-34, 39-40	5	17.5	836190	300	319.27	4355.5	IPE-270
2-3,3-4, 4-5,5-6, 6-7,34-35, 35-36, 36-37, 37-38, 38-39	6	17.5	1204130	400	459.76	10035	IPE-330
9-10, 15-16, 25-26, 31-32	5	31.5	1505198.78	300	574.71	7839.36	IPE-330
10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 26-27, 27-28, 28-29, 29-30, 30-31	6	31.5	2617431.19	400	999.38	18061.88	IPE-400
17-18, 23-24	5	28	1337920.49	300	510.84	6967.77	IPE-300
18-19, 19-20, 20-21, 21-22, 22-23	6	28	1926605.51	400	735.61	16053.75	IPE-360

Tabla 3-Vigas forjado de viguetas y bovedillas.

Vigas	Luz (m)	Carga (KN/m)	M _d (cmKg)	Ψ	W _{nec} (cm ³)	I _{nec} (cm ³)	Perfil
1-2, 7-8, 17-18, 23-24	5	31.5	1505198.78	300	574.71	7839.36	IPE-330
2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 18-19, 19-20, 20-21, 21-22, 22-23	6	31.5	2167482.16	400	827.58	18061.88	IPE-400
9-10, 15-16	5	63	3010295.62	300	1149.38	15678.71	IPE-400
10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 15-16	6	63	4334862.39	400	1655.13	36123.75	IPE-500

Tabla 4-Vigas forjado de placa alveolar.

Vigas	Luz (m)	Carga (KN/m)	M _d (cmKg)	Ψ	W _{nec} (cm ³)	I _{nec} (cm ³)	Perfil
1-9, 25-33, 8-16, 32-40	5	17.5	836197.76	300	319.28	4355.47	IPE-270
9-17, 17-25, 16-24, 24-32	4	17.5	535168.2	300	204.34	2230	IPE-220
2-10, 26-34, 7-15, 31-39	5	38.5	1839653.42	300	702.41	9582.52	IPE-330
10-18, 18-26, 15-23, 23-31	4	38.5	1177370.03	300	449.54	4906.25	IPE-300
3-11, 27-35, 4-12, 28-36, 5-13, 29-37, 6-14, 30-38	5	42	2006931.7	300	766.28	10451.66	IPE-360
11-19, 19-27, 12-20, 20-28, 13-21, 21-29, 14-22, 22-30	4	42	1284403.67	300	490.41	5351.25	IPE-300

Tabla 5-Vigas forjado de chapa colaborante.

8.3.2. Cálculo de pilares.

A partir del axil de los pilares, se puede proceder al cálculo del área mínima. Se conoce que la ecuación del axil de agotamiento (N_u) es la que viene representada por la Ecuación 5:

$$N_u = \frac{f_{yd} A}{w}$$

Ecuación 5- Axil del pilar.

De esa fórmula interesa saber el área mínima, por lo tanto, al despejarse se queda la Ecuación 6:

$$A = \frac{N_u w}{f_{yd}}$$

Ecuación 6-Área del pilar.

De esta fórmula, se sabe que A (cm²) es el área mínima, f_{yd} (2619.05 Kg/cm²) ya se ha calculado con anterioridad y es el mismo para todos los casos ya que se va a utilizar el mismo tipo de acero, y w es un coeficiente que va en función de la esbeltez (λ). Para la obtención de la esbeltez se necesita la Ecuación 7:

$$\lambda = \frac{\beta L}{i}$$

Ecuación 7-Esbeltez

Donde β es el coeficiente de pandeo, que depende del tipo de apoyo del pilar, L la altura del pilar e i el radio de giro del perfil. Una vez se conoce la esbeltez, se puede mirar en la Tabla 6:

λ	0	60	80	100	150
w	1	1.2	1.5	2	4

Tabla 6- Tabla A42b

De todos modos, ya que el pre-dimensionado es una aproximación, se va a tomar el valor más grande del coeficiente w , es decir 4, para situarse en la peor de las condiciones. Por tanto si se conoce esto ya se puede calcular el área mínima necesaria para los pilares.

Una vez se obtengan los resultados se ha de comprobar que se puedan unir las vigas a los pilares. Para realizar dichas uniones es necesario que el lado del pilar con el que se realiza la unión sea superior a lo que ocupa la viga, si no este debe ser modificado al mínimo pilar que cumpla dicha condición. Los perfiles se muestran en la Tabla 7:

Forjado de viguetas y bovedillas		Forjado de placa alveolar		Forjado de chapa colaborante	
Pilares	Perfil	Pilares	Perfil	Pilares	Perfil
1, 8, 33, 40	HEB-140	1, 8, 17, 24	HEB-180	1, 8, 33, 40	HEB-140
9, 25, 16, 32	HEB-180	9, 16	HEB-200	9, 25, 16, 32	HEB-140
17, 24	HEB-160	2, 7, 18, 23	HEB-160	17, 24	HEB-140
10, 15, 26, 31	HEB-200	10, 15	HEB-220	10, 15, 26, 31	HEB-180

Forjado de viguetas y bovedillas		Forjado de placa alveolar		Forjado de chapa colaborante	
Pilares	Perfil	Pilares	Perfil	Pilares	Perfil
2, 7, 34, 39	HEB-180	3, 4, 5, 6, 19, 20, 21, 22	HEB-200	2, 7, 34, 39	HEB-180
3, 4, 5, 6, 35, 36, 37, 38	HEB-180	11, 12, 13, 14	HEB-260	3, 4, 5, 6, 35, 36, 37, 38	HEB-180
11, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 30	HEB-200			11, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 30	HEB-180
18, 23	HEB-140			18, 23	HEB-160
19, 20, 21, 22	HEB-180			19, 20, 21, 22	HEB-160

Tabla 7-Pilares pre-dimensionado.

9. Modelo de cálculo.

9.1. Acciones.

Una vez se tiene las dimensiones aproximadas de los elementos estructurales de resistencia principales, se puede proceder a la introducción del diseño de la estructura en el programa CYPECAD. En este se van a comprobar tres modelos diferentes, según el tipo de forjado, cada uno con su distribución de pórticos específica.

Para ello, ya que en el punto 8 se han definido las cargas verticales, lo primero que se va a determinar son las horizontales. Debido a la localización del edificio, no se van a tener en cuenta las acciones del terreno, por tanto solo queda por determinar las acciones del viento.

Estas dependen del lugar geográfico donde se vaya a encontrar el edificio. En este caso, se encuentra en el polígono Fuente del Jarro, Paterna, Valencia, lo cual hace que, mirando la tabla del CTE DBSE-AE, apartado 3.3.3 el grado de aspereza sea el grado IV, correspondiente a Zona urbana, industrial o forestal. El grado de aspereza se representa en la Tabla 8:

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
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	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
v Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 8-Grado de aspereza.

Por otro lado, la zona eólica de Valencia es zona A, como se puede observar en la Figura 18:

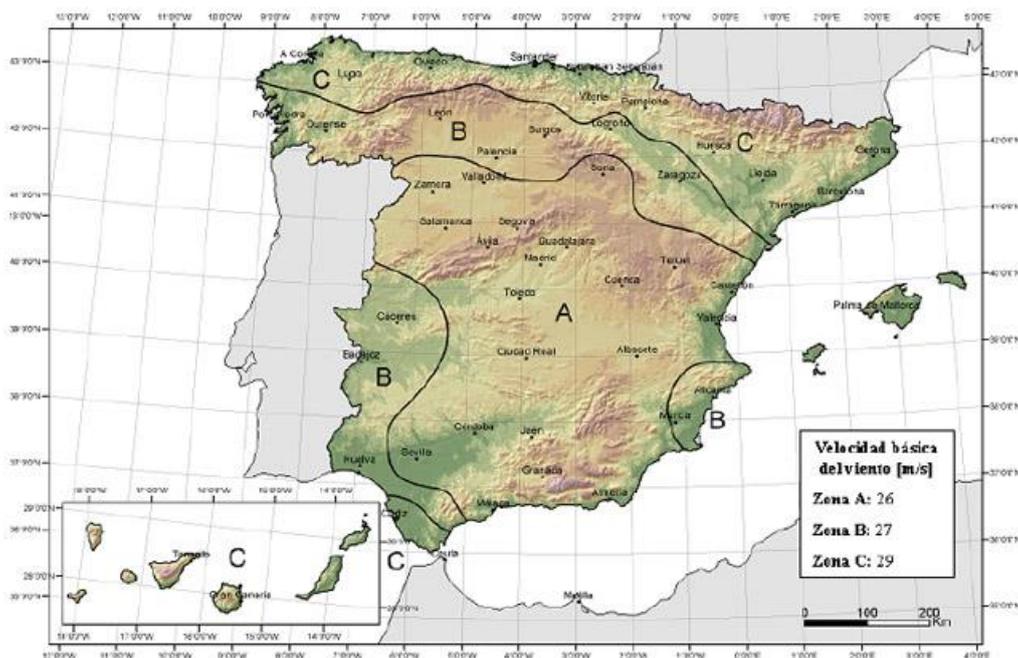


Figura 18-Zona eólica.



9.2. **Materiales.**

En primer lugar se va a determinar el hormigón a emplear. Para ello se ha de conocer la clase de exposición. En el ministerio de fomento, sabiendo que la localización es Paterna, se indica que la clase de exposición es Ib. Por tanto, a partir de la clase de exposición, en el CTE capítulo 7, tabla 37.3.2.b Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad, la resistencia mínima del hormigón armado que se requiere es 30 N/mm².

Por otro lado se requiere determinar el tipo de acero. En el caso de acero corrugado, para pernos y armados, se va a emplear el B500S, ya que resiste un 25% más de presión sin que se agote. Además la S indica que el límite elástico del acero es normal (1.15). Por otro lado, para las vigas y pilares se emplea acero laminado en caliente y el conformado en frío. Para cada uno en el CTE DBSE-A, Tabla 4.1 Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025, se especifica que los límites elásticos mínimos son 275 y 235, respectivamente. Por lo tanto para los aceros laminados en caliente se va a emplear el S275 y para los conformados en frío el S235.

9.3. **Escaleras.**

Antes de que se realicen los modelos de cálculo con la ayuda del programa CYPECAD, se van a tener que diseñar las escaleras. Estas van a ser iguales para los tres modelos que se van a valorar, ya que el hueco para estas es el mismo y la altura entre plantas también.

Para el diseño de estas se ha de recurrir al CTE DB SUA. En él, en el apartado 4.2.1 punto 1 se indica que en tramos rectos, la huella medirá, como mínimo, 28 cm, y la contrahuella, en zonas de uso público, medirá entre 13 cm y 17.5 cm. Además, la huella (H) y la contrahuella (C) cumplirán a lo largo de una misma escalera la relación que se presenta en la Ecuación 8:

$$54 \text{ cm} < 2C + H < 70 \text{ cm}$$

Ecuación 8-Normativa huella y contrahuella.

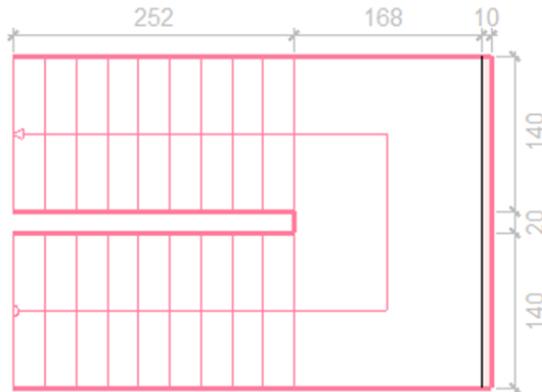
Por otro lado, en el CTE DB SUA apartado 4.2.2 punto 1, se especifica que cada tramo tendrá tres peldaños como mínimo y que la máxima altura que puede salvar un tramo es de 2.25 m, siempre que se disponga de ascensor. En el punto 3 de dicho apartado se especifica que entre dos plantas consecutivas de una misma escalera, se especifica que todos los peldaños tendrán la misma contrahuella y todos los peldaños rectos tendrán la misma huella. Por último, en el punto 4, se exige que en función de las exigencias de evacuación establecidas en el apartado 4 de la sección SI 3 del DB-SI, para un edificio de tipo administrativo donde se acoge a más de 100 trabajadores, la anchura útil mínima del tramo sea de 1 m.

Por último, en el CTE DB SUA apartado 4.2.3 punto 1 se detalla que las mesetas dispuestas entre tramos de una escalera con la misma dirección tendrán al menos la anchura de la escalera y una longitud medida en su eje de 1 m, como mínimo.

Por tanto, después de que se conozcan todas las restricciones, impuestas por el CTE DB SU, y conociéndose que la altura entre plantas es de 3.5 metros hasta el siguiente forjado se pueden diseñar las escaleras.

Al considerarse en la Ecuación 8 una huella de 28 cm y una contrahuella de 17.5 cm, dicha restricción se cumple. Conociéndose que el hueco de la escalera es de 3 m de ancho y 4.3 m de largo, que la altura entre pisos es de 3.5 m y las longitudes de huella y contrahuella, se necesitan

dos tramos simétricos de 10 escalones y una meseta de 168 cm, entre medias de los dos tramos, de modo que se pueda apoyar la meseta en un muro de carga de 10 cm de ancho. Además, el ancho de la escalera será de 140 cm dejando 20 cm de ancho del ojo de la escalera. La escalera se presenta en la Figura 19 y la Figura 20:



Huella: 0.280 m
 Contrahuella: 0.175 m
 Nº de escalones: 20
 Desnivel que salva: 3.50 m

Figura 19- Tramos de escalera por piso.

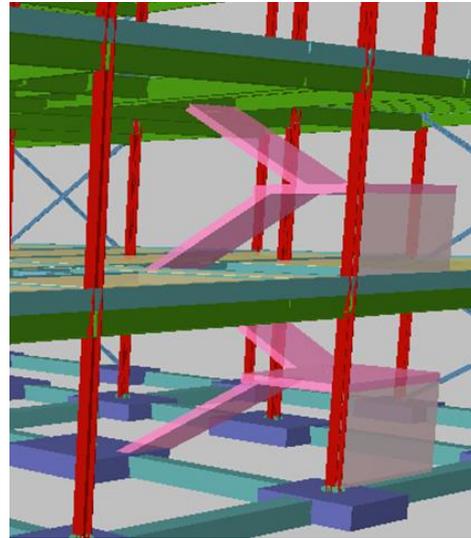


Figura 20- Vista global de las escaleras.

Para concluir, como se estipula en el CTE DB SEA, apartado 3.1.1 punto 3, en las zonas de acceso y evacuación de los edificios de las zonas de categoría A y B, tales como portales, mesetas y escaleras se incrementará el valor correspondiente a la zona servida en 1 KN/m². Por lo tanto, la escalera presentará una sobrecarga de uso de 3 KN/m². Por otro lado las barandillas presentarán una carga lineal de 1 KN/m, mientras que el solado dispondrá de una carga superficial de 1 KN/m².

9.4. Ascensores.

Antes de que se introduzcan todos los datos se ha de definir los ascensores. En el CTE DB SUA Anejo A Terminología, subapartado Ascensor accesible, en la tabla de dimensiones mínimas, se estipula que las dimensiones mínimas para ascensores con una puerta, en edificios con superficie útil en planta de menos de 1000 m², será de 1.00 x 1.25 m. En este caso es de 1.50 x 1.50 m, por lo tanto cumple la norma, no se ha de modificar.

Por otro lado, el CTE DBSE-AE no dispone de información referente a la sobrecarga de los ascensores, eso está fuera de su alcance. Esta suele ser dada por el fabricante del ascensor. No obstante, en muchas construcciones, con el paso del tiempo, el ascensor ha de ser remplazado, en algunos casos por necesidad y en otros por modernidad. Por tanto, se ha de presuponer que el ascensor presenta una carga superior a lo que realmente pesa este. Esto se debe a que siempre se ha de poner la estructura del edificio del lado de la seguridad. Por tanto, al soporte del ascensor se le va a presuponer una carga lineal adicional de 6 KN/m².

9.5. Arriostramientos.

Por último, antes de que se proceda al modelo de cálculo en CYPECAD, no se ha planteado la seguridad contra el viento. El edificio dispone de dos fachadas: la transversal, de 18 metros de largo, y la longitudinal, de 40 metros de largo. En el caso de la dirección longitudinal, esta no va a presentar problemas referentes al desplazamiento a causa del viento, ya que al disponerse de solo tres plantas de edificio de 3.5 m cada una, es decir, un total de 10.5 m de altura y 40 m de longitud, este no va a presentar desplazamiento. Sin embargo, en la longitud transversal solo se dispone de 18 m, que añadido al contraste con los 40 metros en la dirección opuesta y a la altura de 10.5 m, esto hará que el edificio presente problemas en este apartado.

Para paliar estos problemas, se van a ser dispuestas en dicha dirección cruces de San Andrés. Estas van a estar distribuidas en las tres plantas en los vanos de los extremos. Para las cruces de San Andrés se van a emplear perfiles metálicos HEB. La razón de emplear dichos perfiles se debe a que la cruz de San Andrés trabaja a tracción, por ello como se ha comentado al principio el perfil metálico HEB suele emplearse para trabajos a compresión y también a tracción. De tal modo que las cruces de San Andrés para cada uno de los forjados quedan representadas en la Figura 21, la Figura 22 y la Figura 23:

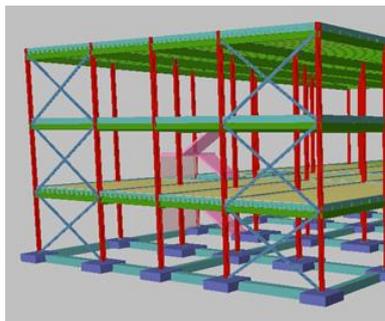


Figura 21- Cruces de San Andrés forjado viguetas y bovedillas

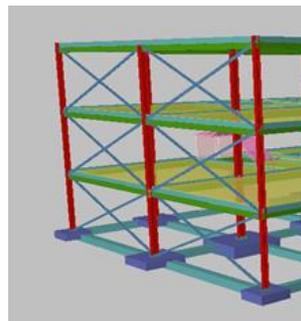


Figura 22-Cruces de San Andrés forjado placa alveolar.

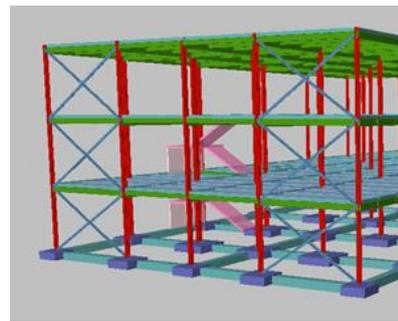


Figura 23-Cruces de San Andrés forjado chapa colaborante.

9.6. Uniones.

Por último, las conexiones viga-pilar se van a realizar mediante uniones atornilladas. Esto se debe a que para realizar uniones soldadas, estas se deben hacer en taller con unas condiciones técnicas de total control y por lo tanto, no se pueden realizar en obra. Por lo tanto, al utilizar uniones atornilladas se van a emplear uniones semi-rígidas. Estas consisten en una placa de testa que se soldará en taller a las vigas y posteriormente se unirá mediante tornillos a los pilares, como se muestra en la Figura 24:



Figura 24- Uniones atornilladas.

Por otro lado, se ha de determinar a qué parte del pilar se unen las vigas de apoyo. Estas han de transmitir al alma del pilar, a través de un momento flector, unos esfuerzos de tracción y compresión. Para ello, las vigas de apoyo se han de unir a las alas del pilar.

9.7. Cimentación.

La cimentación constituye un elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporta una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en este sean admisibles para la estructura.

La cimentación ha de cumplir tres requisitos:

- El nivel de cimentación deberá estar a una profundidad tal que se encuentre libre del peligro de heladas, cambios de volumen del suelo, excavaciones posteriores...
- Tendrá unas dimensiones que no superen la capacidad portante del suelo.
- No deberá producir un agujero en el terreno que no sea absorbible por la estructura.

En primer lugar, recurriéndose al CTE DBSE-C artículo 3.2.1 Tabla 3.1, se va a determinar el tipo de construcción de la que se trata el edificio. Se trata de una construcción del tipo C-1, ya que contiene menos de 4 plantas y más de 300 m² de superficie construida.

En segundo lugar, se va a emplear una cimentación directa de zapata aislada. Además, como se comenta en el CTE DBSE-C artículo 4.1.1 apartado 2, la zapata será de planta cuadrada tanto por su facilidad constructiva como por la sencillez del modo estructural de trabajo.

Por otro lado, recurriéndose al CTE DBSE-C artículo 4.1.1 apartado 4, se van a emplear zapatas flexibles. Estas presentan un vuelo (V_{max}), en la dirección principal de mayor vuelo, mayor a dos veces el canto ($2h$). Esta relación se muestra en la Ecuación 9:

$$\boxed{V_{max} > 2h}$$

Ecuación 9- Relación vuelo-canto zapata flexible.

Esto se debe a que, al tenerse pilares metálicos, se han de emplear placas de anclaje. Para ello la superficie de la zapata ha de ser recta y, por tanto, solo se puede emplear zapata flexible. Las placas de anclaje se van a encontrar unidas a la zapata mediante pernos doblados 90°. Además, el pilar se va a unir a la placa a través de soldadura y para aumentar la rigidez, se van a emplear rigidizadores, unidos mediante soldadura también.

Por último, para concluir la cimentación se van a colocar vigas riostra. Esto se debe a que, a pesar de que los desplazamientos del terreno en la localización del edificio son bajos, las zapatas pueden sufrir desplazamientos, ya sea por el terreno o por la estructura, y siempre se ha de poner el edificio del lado de la seguridad. Al impedir los desplazamientos de las zapatas, estas vigas trabajan principalmente a compresión y a tracción en función de si se trata de un acercamiento o alejamiento de la zapata, de forma que absorben las posibles acciones horizontales que pueden recibir los cimientos.

9.8. Modelos de cálculo.

Una vez introducidos los tres modelos en el programas CYPECAD, se ha realizado el dimensionado de cada uno de estos, a partir de los datos calculados en el pre-dimensionado y añadiéndose los elementos comentados en apartados anteriores.

Además de estos elementos estructurales se ha procedido al cálculo de los elementos de cimentación, como son las zapatas, las placas de anclaje y las vigas medianeras de cimentación. Con todo esto se van a presentar los tres modelos, perfectamente diseñados y calculados según la norma y desde el enfoque de la seguridad.

9.8.1. Modelo de cálculo con forjado de viguetas y bovedillas.

Para este tipo de forjado se han seleccionado viguetas metálicas y bovedillas de poliestireno. En el caso de las bovedillas, se han seleccionado estas ya que, como se ha comentado con anterioridad, aligera en mayor medida el peso propio del forjado que las cerámicas o de hormigón. Por otro lado, la vigueta que se ha seleccionado ha sido la metálica. Esto se debe a que, ya que la estructura que presenta el edificio es metálica, se va a seguir empleando dicho material.

Las dimensiones de la bovedilla a emplear se presentan en la Figura 25:

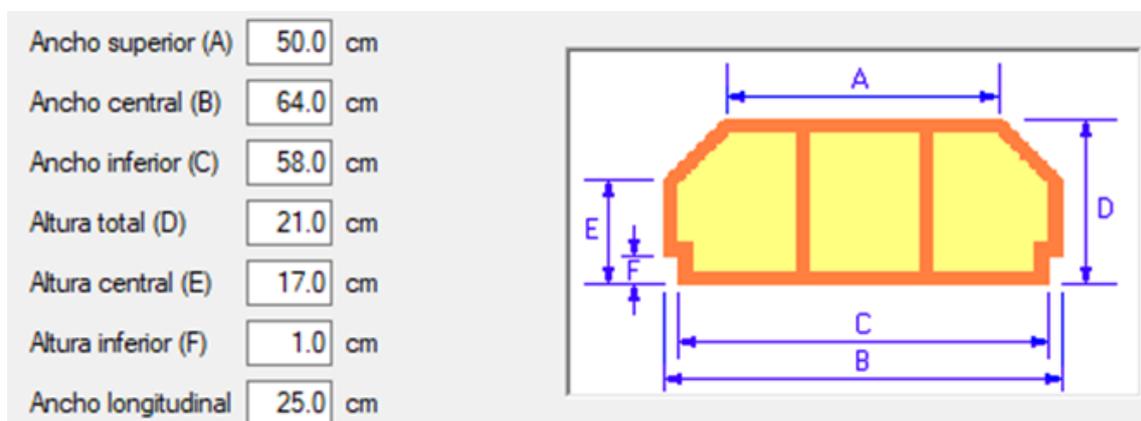


Figura 25- Dimensiones bovedilla de poliestireno.

Además, se va a disponer de un espesor de compresión de 5 cm y un intereje de 74 cm. En cuanto al intereje, se debe a que según el EHE-08 artículo 5.4.3 apartado f-1, la superficie de la bovedilla que debe apoyar sobre la vigueta ha de seguir la Ecuación 10:

$$10 \text{ mm} < \frac{2d_1}{3}$$

Ecuación 10-Apoyo bovedilla.

Por lo tanto, la longitud que ha de apoyar como mínimo en la bovedilla es 15 mm. En este caso, esta va a apoyar 20 mm dejando así 30 mm entre eje de vigueta y bovedilla y 10 mm entre bovedilla y final de ala de vigueta. Esta holgura permite la fácil inserción de la bovedilla entre las viguetas, ya que este es el principal problema de utilizar un perfil IPE para estas. Además, permite que se pueda realizar el armado. Este forjado se ha tomado como base para el cálculo de la estructura.

9.8.1.1. Vigas y pilares.

En cuanto a las vigas, las dimensiones que se han obtenido se muestran en la Tabla 9:

PLANTA 1		
Vigas	Pre-dimensionado	Resultado del cálculo
1-2, 7-8, 33-34, 39-40	IPE-270	IPE-300
2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 34-35, 35-36, 36-37, 37-38, 38-39	IPE-330	IPE-360
9-10, 15-16, 25-26, 31-32	IPE-330	IPE-400
10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 26-27, 27-28, 28-29, 29-30, 30-31	IPE-400	IPE-450
17-18, 23-24	IPE-300	IPE-360
18-19, 19-20, 20-21, 21-22, 22-23	IPE-360	IPE-400
1-9, 9-17, 17-25, 25-33, 8-16, 16-24, 24-32, 32-40	-	IPE-270
26'-34', 27-35	-	IPE-270
27'-35', 28-36	-	IPE-360
3-11, 11-19, 19-27, 4-12, 12-20, 20-28	-	IPE-270
PLANTA 2		
Vigas	Pre-dimensionado	Resultado del cálculo
1-2, 7-8, 33-34, 39-40	IPE-270	IPE-300
2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 35-36, 36-37, 37-38, 38-39	IPE-330	IPE-360
34-35	IPE-330	IPE-300
9-10, 15-16, 25-26	IPE-330	IPE-360
31-32	IPE-330	IPE-400
10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 26-27, 27-28, 28-29, 29-30	IPE-400	IPE-450
30-31	IPE-400	IPE-400
17-18, 23-24	IPE-300	IPE-360
18-19, 19-20, 20-21, 21-22, 22-23	IPE-360	IPE-400
1-9, 9-17, 17-25, 25-33, 8-16, 16-24, 24-32, 32-40	-	IPE-270
26'-34', 27-35	-	IPE-270
27'-35', 28-36	-	IPE-360
3-11, 11-19, 19-27, 4-12, 12-20, 20-28	-	IPE-270
CUBIERTA		
Vigas	Pre-dimensionado	Resultado del cálculo
1-2, 7-8, 33-34	IPE-270	IPE-300
2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 34-35, 35-36, 36-37	IPE-330	IPE-330
37-38	IPE-330	IPE-360
9-10, 15-16, 25-26	IPE-330	IPE-360

Vigas	Pre-dimensionado	Resultado de cálculo
10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 26-27, 27-28, 28-29	IPE-400	IPE-400
29-30	IPE-400	IPE-450
17-18	IPE-300	IPE-330
23-24	IPE-300	IPE-270
18-19, 19-20, 20-21, 21-22	IPE-360	IPE-400
22-23	IPE-360	IPE-330
1-9, 9-17, 17-25, 25-33, 8-16, 16-24, 22-30, 30-38	-	IPE-270

Tabla 9- Vigas forjado de viguetas y bovedillas.

En el caso de los pilares, los resultados del modelo que se han obtenido se muestran en la Tabla 10:

Pilar	Pre-dimensionado	Resultado de cálculo
1, 8, 33, 40	HEB-140	HEB-160
9, 25, 16, 32	HEB-180	HEB-180
17, 24	HEB-160	HEB-180
10, 15, 26, 31	HEB-200	HEB-200
2, 7, 34, 39	HEB-180	HEB-180
3, 4, 5, 6, 35, 36, 37, 38	HEB-180	HEB-180
11, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 30	HEB-200	HEB-200
18, 23	HEB-140	HEB-180
19, 20, 21, 22	HEB-180	HEB-200

Tabla 10- Pilares forjado de viguetas y bovedillas.

Por último, la orientación de los pilares, en función de las vigas de apoyo para conseguir la mejor transmisión de los esfuerzos al pilar, será de 90°. Como se muestra en la Figura 26:

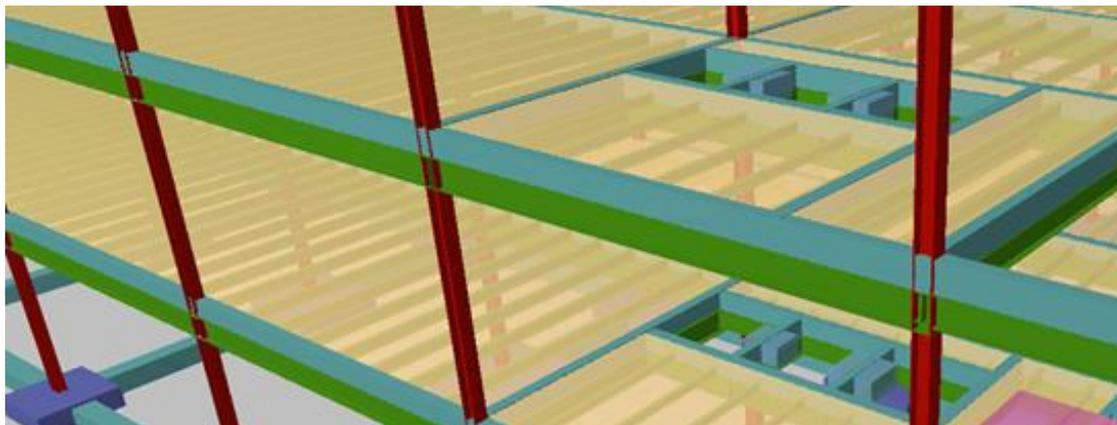


Figura 26- Uniones forjado viguetas y bovedillas.

9.8.1.2. Cruces de San Andrés.

Por otro lado, el perfil que se va a emplear para las cruces de San Andrés va a ser un HEB-100, es decir, el mínimo perfil de la serie. Estas cruces se van a poner entre los siguientes pilares: P1-P9, P25-P32, P8-P16 y P32-P40; en cada una de las tres plantas. Estos perfiles se van a comportar tal como se muestra en la Tabla 11:

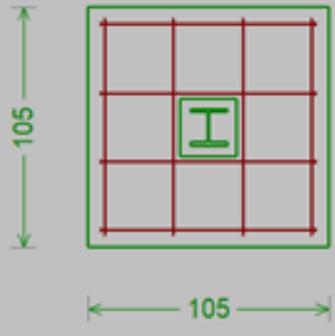
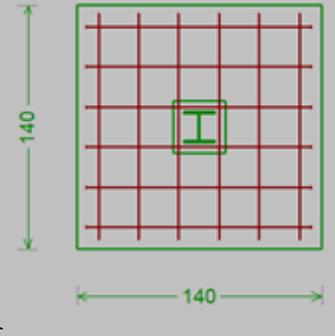
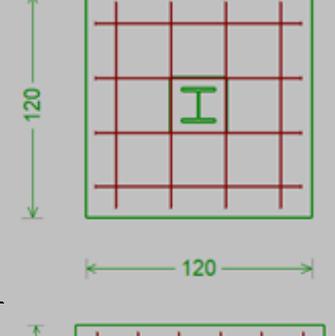
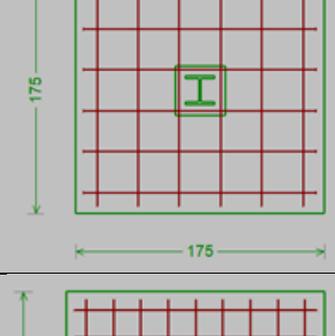
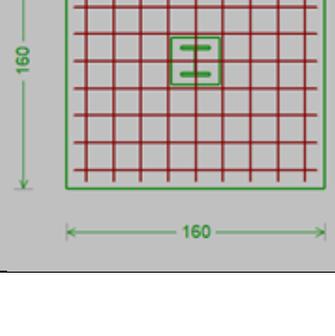
Perfil: HE 100 B Material: Acero (S275)							
	Origen	Extremo	Longitud (m)	Características mecánicas			
				Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	Planta 1 (P25, P33)	Planta 2 (P33, P25)	6.130	26.00	449.50	167.30	9.25
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Área sup.	Área inf.			
	β	0.40	0.50	0.50	0.50		
	L_K	2.453	3.066	3.075	3.075		
	C_m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C_1	-			1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

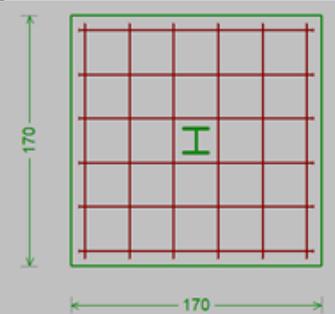
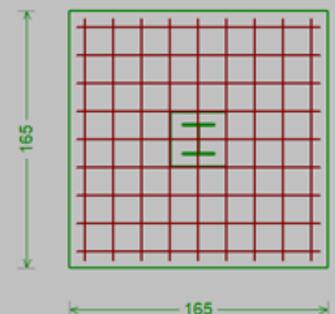
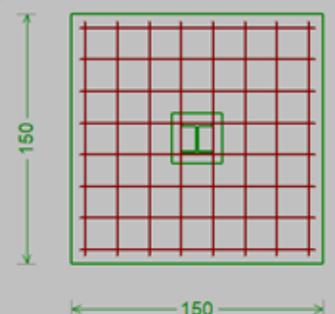
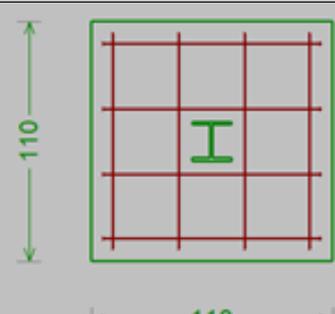
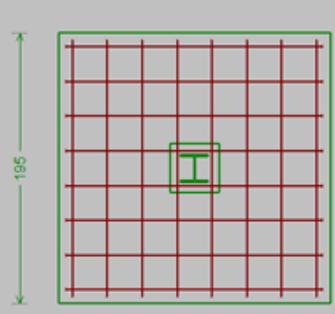
Tabla 11- Perfil cruces de San Andrés forjado viguetas y bovedillas.

9.8.1.3. Cimentaciones.

Lo primero que se va a ejecutar en la cimentación es la zapata. En función de las dimensiones del pilar esta será más grande o más pequeña. Las zapatas en función del pilar se muestran en la Tabla 12:

Pilares	Dimensiones		Imagen
1, 33, 40	H (cm)	40	
	V (cm)	52.5	
8	H (cm)	40	
	V (cm)	57.5	

Pilares	Dimensiones		Imagen
2, 5, 7, 16, 34	H (cm)	40	
	V (cm)	65	
3, 4, 6, 36, 37	H (cm)	40	
	V (cm)	70	
9, 17, 25, 38	H (cm)	40	
	V (cm)	60	
10, 11, 12, 13, 14, 15, 26, 29	H (cm)	40	
	V (cm)	87.5	
18	H (cm)	40	
	V (cm)	80	

Pilares	Dimensiones		Imagen
19, 20, 21	H (cm)	40	
	V (cm)	85	
22, 30	H (cm)	40	
	V (cm)	82.5	
23, 35	H (cm)	40	
	V (cm)	75	
24, 32, 39	H (cm)	40	
	V (cm)	55	
27	H (cm)	40	
	V (cm)	97.5	

Pilares		Dimensiones		Imagen
28	H (cm)	40	92.5	
	V (cm)	40		
31	H (cm)	40	72.5	
	V (cm)	40		

Tabla 12- Zapatas modelo forjado viguetas y bovedillas.

El siguiente paso que se va a seguir es la colocación de las placas de anclaje, por mediación de pernos. Las dimensiones de estas en función del pilar se muestran en la Tabla 13:

Pilares	Placa de anclaje	
1, 8, 33, 40		<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø10 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
9, 25, 16, 32		<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø14 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>

Pilares	Placa de anclaje	
17, 24	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø14 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
10, 15, 26, 31	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
2, 7, 34, 39	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø14 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
3, 4, 5, 6, 35, 36, 37, 38	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø14 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>

Pilares	Placa de anclaje	
11, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 30	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
18, 23	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
19, 20, 21, 22	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>

Tabla 13- Placas de anclaje modelo forjado viguetas y bovedillas.

9.8.2. Modelo de cálculo con forjado de placa alveolar.

En este caso se ha seleccionado una placa alveolar del fabricante Pretenar S.A. de tipo PHP-15+10. Las características de este forjado se muestran en la Figura 27 y la Figura 28:

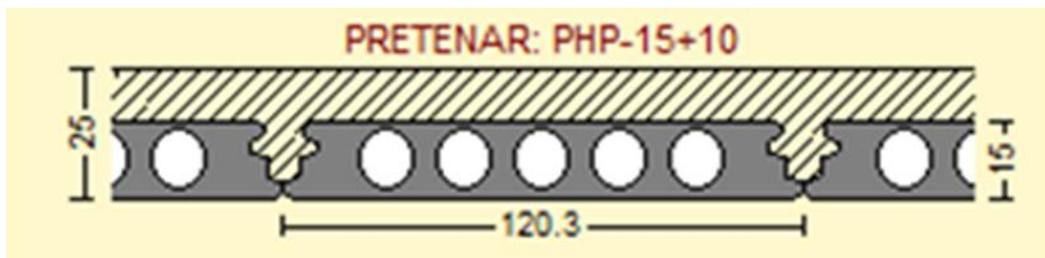


Figura 27-Forjado de placa alveolar PRETENAR PHP-15+10

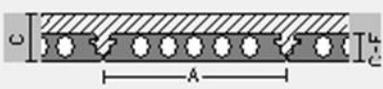
Descripción:		PRETENAR: PHP-15+10				
Canto total del forjado	(C)	25	cm			
Ancho de la placa	(A)	1203	mm			
Espesor de la capa de compresión	(E)	10	cm			
Ancho mínimo de la placa		180	mm			
Peso propio		5.05	kN/m ²			
Volumen de hormigón		0.05	m ³ /m ²			
Entrega (mín)		10	cm	(máx)	15	cm
Entrega lateral		5	cm			
				Hormigón de la placa: HA-40, Y _c =1.35 (Pref.)		
				Hormigón de la capa y juntas: HA-25, Y _c =1.5		
				Acero de negativos: B 500 S, Y _s =1.15		

Figura 28-Forjado placa alveolar PRETENAR PHP-15+10

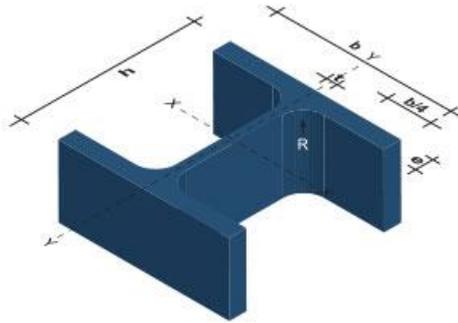
Este forjado ha sido la base del cálculo de la estructura.

9.8.2.1. Vigas y pilares.

En el pre-dimensionado se han calculado vigas metálicas de perfil IPE. No obstante a la hora de realizar el cálculo se ha observado que se requerían perfiles de este tipo de un gran tamaño. Esto se debe a que se va a realizar un apoyo directo de la placa alveolar sobre las vigas a las que transmite las cargas. Para ello se necesita una viga cuyo canto tiene una parte significativa bajo el forjado.

Además, de acuerdo con la EHE artículo 59.2.3.3 apartado a, los apoyos de las placas alveolares pretensadas en vigas o muros deben hacerse sobre una capa de mortero fresco de al menos 15 mm de espesor, sobre bandas de material elastomérico o sobre apoyos individuales situados bajo cada nervio de la losa. Por otro lado, las placas van a tener continuidad. En este mismo apartado se estipula que, cuando el apoyo se realiza sobre mortero, este no debe llegar a la esquina o paramento del elemento resistente que soporta el forjado, para evitar que el forjado se apoye sobre el hormigón de recubrimiento y este, carente de armadura, pueda agotarse por efecto de la carga vertical o de esta combinada con otra horizontal. Por ello, el mortero se deberá retranquear de la esquina, o paramento, una distancia igual o mayor que la suma del recubrimiento horizontal y el recubrimiento vertical con que se disponga de armadura en el elemento que soporta el forjado. Por tanto, se necesita un ala de viga grande.

En este caso, al tratarse de vigas de apoyo de forjado, para que se consiga una viabilidad de proyecto y se pueda llevar a cabo el apoyo de dicho forjado, se va a emplear como vigas un perfil HEA. Este presenta las mismas dimensiones, en lo referente a canto y alas, que el perfil HEB. No obstante se trata de un perfil más ligero, ya que el espesor tanto del alma como de las alas es inferior. La serie de estos perfiles se presenta en la Tabla 14:



Nomenclatura

h= Patín
b= Ala
t= Espesor Alma
e= Espesor Ala
R= Radio Giro Alma

Propiedades Mecánicas			
Resistencia Mecánica		Punto Fluencia	
Kg/mm ²	Mpa	Kg/mm ²	Mpa
37 - 52	370 - 520	24	235

Denominación	Dimensiones					Propiedades					
	h	b	t	e	R	Área Sección cm ²	Pesos kg/mts	Inercia (cm ⁴)		Módulo Resistencia (cm ³) Sección	
	mm	mm	mm	mm	mm			Eje X-X	Eje Y-Y	Eje X-X	Eje Y-Y
HEB 100	100	100	6.00	10.00	12	26.00	20.40	450	167	89	33.50
HEB 120	120	120	6.50	11.00	12	34.00	26.70	864	318	144	52.90
HEB 140	140	140	7.00	12.00	12	43.00	33.70	1510	550	216	78.50
HEB 160	160	160	8.00	13.00	15	54.30	42.60	2490	889	311	111.00
HEB 180	180	180	8.50	14.00	15	65.30	51.20	3830	1360	426	151.00
HEB 200	200	200	9.00	15.00	18	78.10	61.30	5700	2000	570	200.00
HEB 220	220	220	9.50	16.00	18	91.00	71.50	8090	2840	736	258.00
HEB 240	240	240	10.00	17.00	21	106.00	83.20	11260	3920	938	327.00
HEB 260	260	260	10.00	17.50	24	118.00	93.00	14920	5130	1150	395.00
HEB 280	280	280	10.50	18.00	24	131.00	103.00	19270	6590	1380	471.00
HEB 300	300	300	11.00	19.00	27	149.00	117.00	25170	8560	1680	571.00

Tabla 14-Serie de perfiles HEA.

Por consiguiente las nuevas vigas, se presentan en la Tabla 15:

PLANTA 1		
Vigas	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
1-2, 7-8, 23-24	IPE-330	HEA 220
17-18	IPE-330	HEA-240
2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 18-19, 20-21, 21-22, 22-23	IPE-400	HEA-300
19-20	IPE-400	HEA-340
9-10, 15-16	IPE-400	HEA-300
12-13, 13-14, 14-15	IPE-500	HEA-340
10-11, 11-12	IPE-500	HEA-360
1-9, 9-17, 8-16, 16-24	-	IPE-270
10'-18', 11-19	-	HEA-300
11'-19', 12-20	-	HEA-340
PLANTA 2		
Vigas	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
1-2, 7-8, 17-18	IPE-330	HEA-220
23-24	IPE-330	HEA-240
2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 18-19, 20-21, 21-22, 22-23	IPE-400	HEA-300
19-20	IPE-400	HEA-340
9-10, 15-16	IPE-400	HEA-300

Vigas	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
10-11, 12-13, 13-14, 14-15	IPE-500	HEA-340
11-12	IPE-500	HEA-360
1-9, 9-17, 8-16, 16-24	-	IPE-270
10'-11', 11-19	-	HEA-300
11'-19', 12-20	-	HEA-340
CUBIERTA		
Vigas	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
1-2, 7-8, 17-18	IPE-330	HEA-220
2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 18-19, 19-20, 20-21	IPE-400	HEA-300
21-22	IPE-400	HEA-240
9-10	IPE-400	HEA-300
15-16	IPE-400	HEA-260
10-11, 11-12, 12-13	IPE-500	HEA-340
13-14	IPE-500	HEA-320
14-15	IPE-500	HEA-260
1-9, 9-17, 8-16, 14-22	-	IPE-270

Tabla 15- Vigas modelo forjado placa alveolar

Por otro lado, los pilares que se han obtenido se muestran en Tabla 16:

Pilar	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
1, 8, 17, 24	HEB-180	HEB-220
17, 24	HEB-180	HEB-240
9, 16	HEB-200	HEB-300
2, 7, 18, 23	HEB-160	HEB-300
10, 15	HEB-220	HEB-340
3, 4, 5, 6, 19, 20, 21, 22	HEB-200	HEB-300
11, 12	HEB-260	HEB-360
13, 14	HEB-260	HEB-340

Tabla 16- Pilares modelo forjado placa alveolar.

Falta por definirse la orientación de los pilares. En este modelo, la orientación con la que se van a colocar los pilares también es 90°, debido a que las vigas de apoyo están dispuestas en la misma dirección que el modelo anterior, como se muestra en la Figura 29:

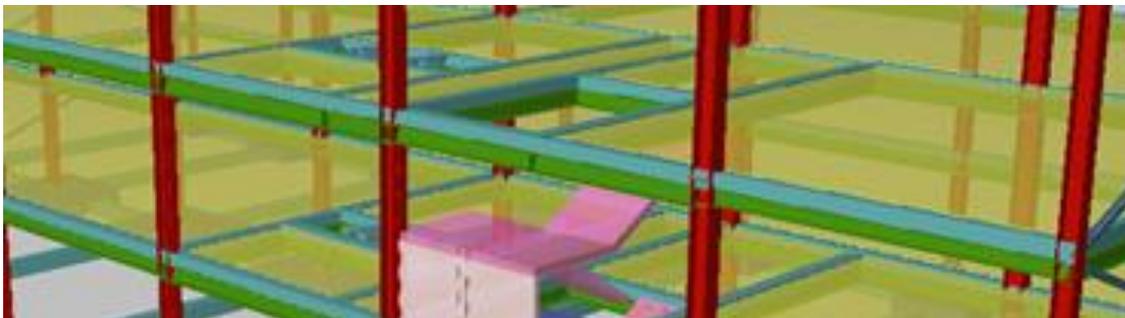


Figura 29- Uniones forjado placa alveolar.

9.8.2.2. Cruces de San Andrés.

En lo referente a las cruces de San Andrés, se va a emplear un perfil HEB-100. Estas se colocarán entre los siguientes pilares: P1-P9, P9-P17, P8-P-16 y P16-P24; a lo largo de las tres plantas del edificio. Su comportamiento queda reflejado en la Tabla 20:

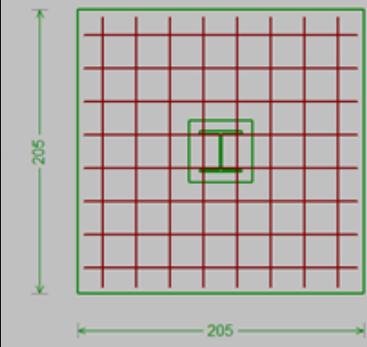
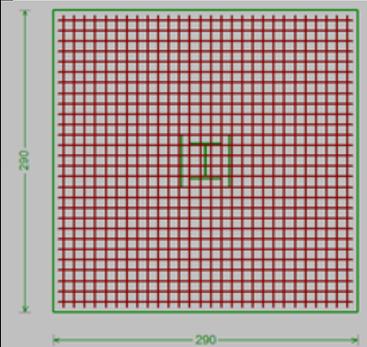
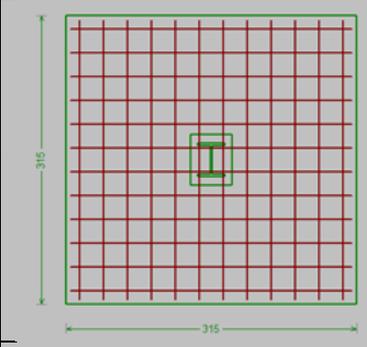
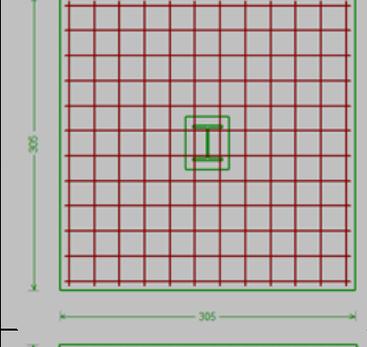
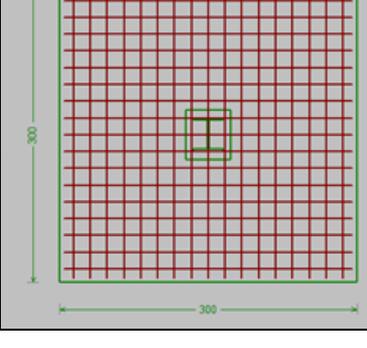
Perfil: HE 100 B Material: Acero (S275)				Características mecánicas			
Origen	Extremo	Longitud (m)	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
			Planta 1 (P17, P9)	Planta 2 (P9, P17)	9.660	26.00	449.50
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	β	0.40	0.50	0.50	0.50		
	L _K	3.864	4.830	4.830	4.830		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000				
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Tabla 17- Perfil cruces de San Andrés forjado de placa alveolar.

9.8.2.3. Cimentaciones.

En cuanto a las cimentaciones, se va a empezar por las zapatas. Cada pilar presenta un tamaño de zapata en función de sus dimensiones. Estas se muestran en la Tabla 18:

Pilares	Dimensiones		Imagen
1, 8, 16, 17	H (cm)	40	
	V (cm)	72.5	
2, 3, 4, 5, 7, 18, 21	H (cm)	40	
	V (cm)	97.5	

Pilares	Dimensiones		Imagen
6, 9, 20	H (cm)	40	
	V (cm)	102.5	
10, 14	H (cm)	65	
	V (cm)	145	
11	H (cm)	70	
	V (cm)	157.5	
12	H (cm)	65	
	V (cm)	152.5	
13	H (cm)	65	
	V (cm)	150	

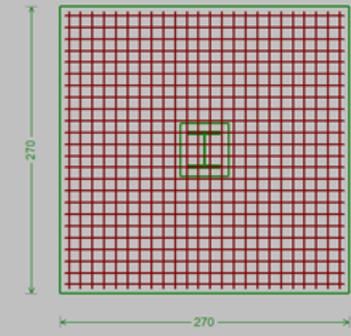
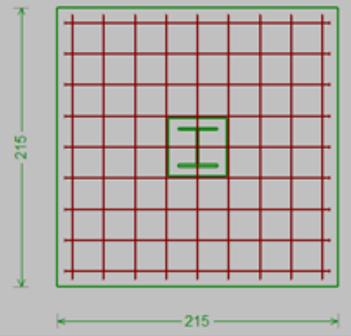
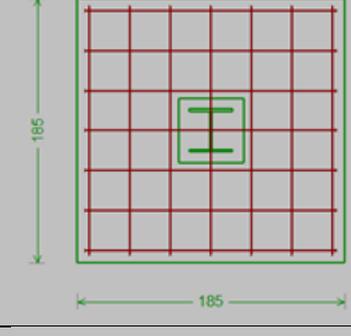
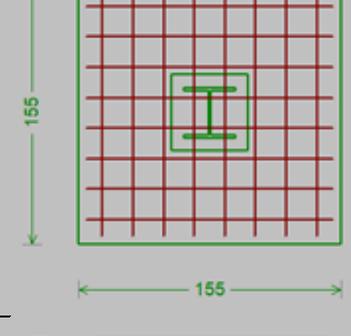
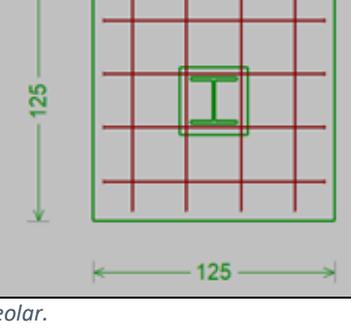
Pilares	Dimensiones		Imagen
15	H (cm)	60	
	V (cm)	135	
19	H (cm)	45	
	V (cm)	107.5	
22	H (cm)	40	
	V (cm)	92.5	
23	H (cm)	40	
	V (cm)	77.5	
24	H (cm)	40	
	V (cm)	62.5	

Tabla 18- Zapatas modelo forjado placa alveolar.

Las placas de anclaje con sus respectivos pernos en función de cada pilar se muestran en la Tabla 19:

Pilares	Placas de anclaje	
1, 8, 17, 24	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
17, 24	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
9, 16	<p>Espesor placa base: 18 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø20 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
2, 7, 18, 23	<p>Espesor placa base: 18 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø20 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>

Pilares	Placas de anclaje	
10, 15	<p>Esesor placa base: 18 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø20 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
3, 4, 5, 6, 19, 20, 21, 22	<p>Esesor placa base: 18 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø20 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
11, 12	<p>Esesor placa base: 20 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø20 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
13, 14	<p>Esesor placa base: 18 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø20 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>

Tabla 19- Placas de anclaje modelo forjado placa alveolar.

9.8.3. Modelo de cálculo con forjado de chapa colaborante.

Para esta opción se ha seleccionado la losa mixta INCO 70.4 Colaborante. 0.75 mm. 15.0 cm. que presenta las características que se muestran en la Figura 30:

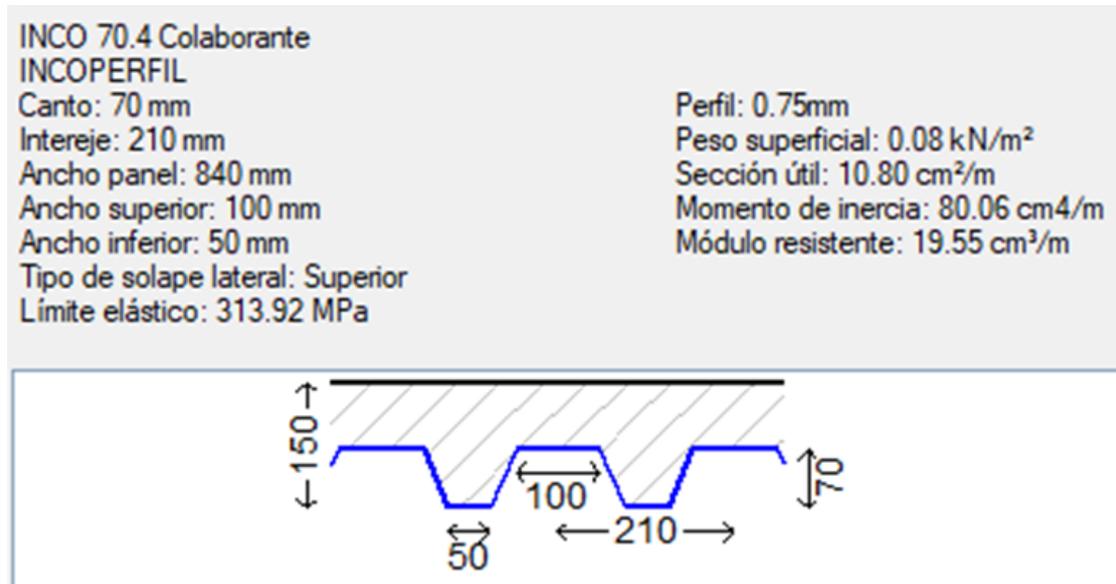


Figura 30-Losa mixta INCO 70.4 Colaborante. 0.75 mm. 15.0 cm.

A este modelo se le va añadir vigas intermedias a fin de evitar el apuntalado en fase de ejecución, como se ha comentado con anterioridad. Dichas viguetas van a tener luces entre ellas menores de 2.3 m. Como se disponen de luces de pórticos de 5 y 6 m, cuando se disponga de 5 m se colocarán dos viguetas con una luz de 1.67 m. Mientras que si la luz es de 6 m, se colocarán dos viguetas con una luz de 2 m.

9.8.3.1. Vigas y pilares.

En este caso no se ha tenido que modificar el tipo de perfil de los pilares ni el de las vigas, manteniéndose el HEB y el IPE, respectivamente. No obstante, las dimensiones se han modificado. En el caso de las vigas, los resultados se muestran en la Tabla 20:

PLANTA 1		
Vigas	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
1-9, 25-33, 8-16, 32-40	IPE-270	IPE-220
9-17, 17-25, 16-24, 24-32	IPE-220	IPE-180
2-10, 26-34, 7-15, 31-39	IPE-330	IPE-220
10-18, 18-26, 15-23, 23-31	IPE-300	IPE-180
3-11, 4-12, 5-13, 29-37, 6-14, 30-38	IPE-360	IPE-240
11-19, 19-27, 12-20, 20-28, 13-21, 21-29, 14-22, 22-30	IPE-300	IPE-200
1-2, 7-8, 33-34, 39-40	-	IPE-300
2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 34-35, 35-36, 36-37, 37-38, 38-39	-	IPE-360
9-10, 15-16, 25-26, 31-32	-	IPE-360

Vigas	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 27-28, 28-29, 29-30, 30-31	-	IPE-400
26-27	-	IPE-450
17-18, 23-24	-	IPE-360
18-19, 19-20, 20-21, 21-22, 22-23	-	IPE-400
26'-34', 27-35	-	IPE-270
27'-35', 28-36	-	IPE-360
PLANTA 2		
Vigas	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
1-9, 25-33, 8-16, 32-40	IPE-270	IPE-220
9-17, 17-25, 16-24, 24-32	IPE-220	IPE-180
2-10, 26-34, 7-15, 31-39	IPE-330	IPE-220
10-18, 18-26, 15-23, 23-31	IPE-300	IPE-180
3-11, 4-12, 5-13, 29-37, 6-14, 30-38	IPE-360	IPE-240
11-19, 19-27, 12-20, 20-28, 13-21, 21-29, 14-22, 22-30	IPE-300	IPE-200
1-2, 7-8, 33-34, 39-40	-	IPE-300
2-3, 6-7, 38-39	-	IPE-330
3-4, 4-5, 5-6, 35-36, 36-37, 37-38	-	IPE-360
34-35	-	IPE-300
9-10, 15-16, 25-26, 31-32	-	IPE-360
10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 26-27, 27-28, 28-29, 29-30, 30-31	-	IPE-400
17-18, 23-24	-	IPE-330
18-19, 21-22, 22-23	-	IPE-400
19-20, 20-21	-	IPE-360
26'-34', 27-35	-	IPE-270
27'-35', 28-36	-	IPE-360
CUBIERTA		
Vigas	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
1-9, 25-33, 8-16	IPE-270	IPE-220
9-17, 17-25, 16-24	IPE-220	IPE-180
2-10, 26-34, 7-15	IPE-330	IPE-220
10-18, 18-26, 15-23	IPE-300	IPE-180
3-11, 4-12, 5-13, 6-14, 27-35, 28-36, 30-38	IPE-360	IPE-240
29-37	IPE-360	IPE-220
11-19, 19-27, 12-20, 20-28, 13-21, 21-29	IPE-300	IPE-200
14-22, 22-30	IPE-300	IPE-180
1-2, 7-8, 33-34	-	IPE-270
2-3, 6-7, 34-35	-	IPE-330

Vigas	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
3-4, 4-5, 5-6, 35-36, 36-37, 37-38	-	IPE-360
9-10, 15-16, 25-26	-	IPE-330
10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 26-27, 27-28	-	IPE-360
28-29, 29-30	-	IPE-400
17-18	-	IPE-330
23-24	-	IPE-240
18-19, 19-20, 20-21, 21-22	-	IPE-360
22-23	-	IPE-240

Tabla 20- Vigas modelo forjado chapa colaborante.

Por otro lado, los pilares que se han obtenido se muestran en Tabla 21:

Pilar	Pre-dimensionado	Resultados de cálculo
1, 8, 33, 40	HEB-140	HEB-160
9, 25, 16, 32	HEB-180	HEB-180
17, 24	HEB-160	HEB-180
10, 15	HEB-200	HEB-180
26	HEB-200	HEB-240
31	HEB-200	HEB-200
2, 7, 34, 39	HEB-180	HEB-180
3, 4, 5, 6, 35, 36, 38	HEB-180	HEB-180
37	HEB-180	HEB-200
11, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 30	HEB-200	HEB-200
18, 23	HEB-140	HEB-200
19, 20, 21	HEB-180	HEB-180
22	HEB-180	HEB-200

Tabla 21- Pilares modelo forjado chapa colaborante.

En lo referente a la orientación de los pilares, en este modelo ha habido de ser modificada. En un principio, para el pre-dimensionado, en el que no se ha tenido en cuenta el apuntalado y el forjado apoyaba en la dirección transversal, la orientación de los pilares se ha considerado 0°. No obstante, se ha llevado a cabo la solución estructural de las vigas intermedias, es decir, una vez ya en el modelo, los perfiles más grandes son los de la dirección longitudinal. Esto se debe a que estas vigas intermedias, las cuales por su función y dimensión de perfil se pueden considerar viguetas, transmiten las cargas del forjado a las vigas longitudinales. Las uniones se muestran en la Figura 31:

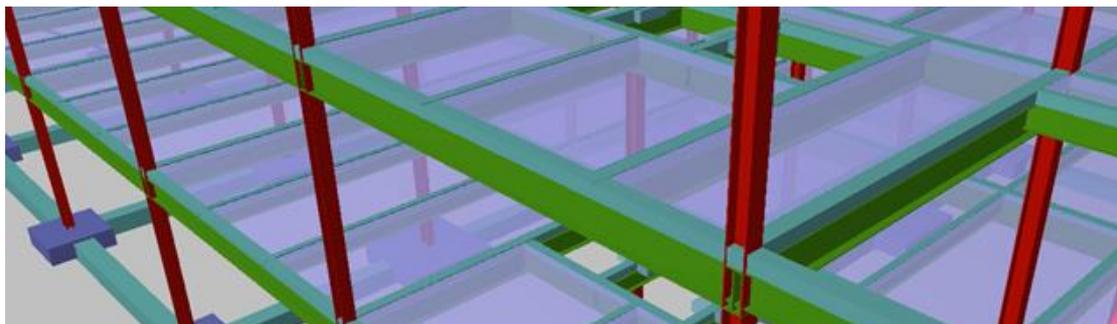


Figura 31- Uniones forjado chapa colaborante.

9.8.3.2. Cruces de San Andrés.

En el caso de las cruces de San Andrés, se va a utilizar el perfil HEB-100. Estas cruces se van a distribuir entre los siguientes pilares: P1-P9, P25-P32, P8-P16 y P32-P40; en cada una de las tres plantas. El comportamiento de dichos perfiles se muestra en la Tabla 22:

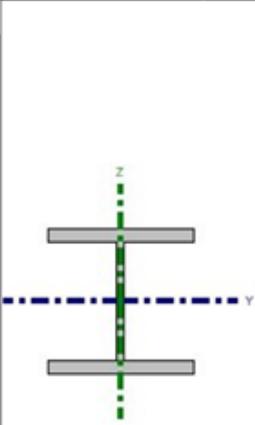
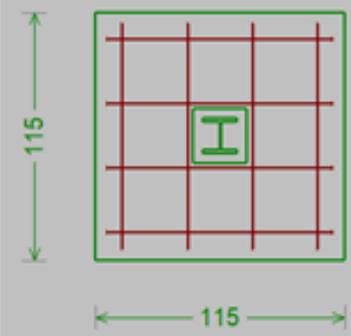
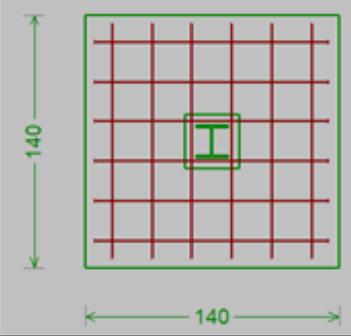
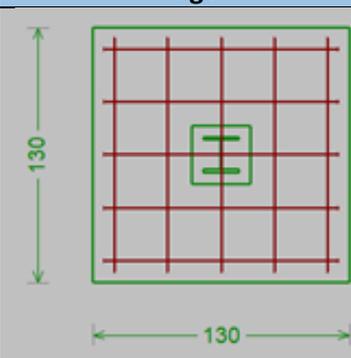
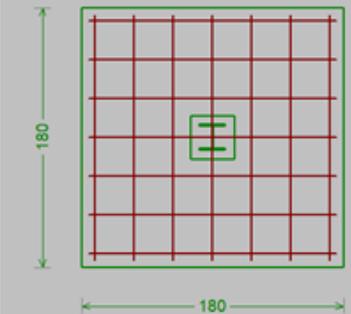
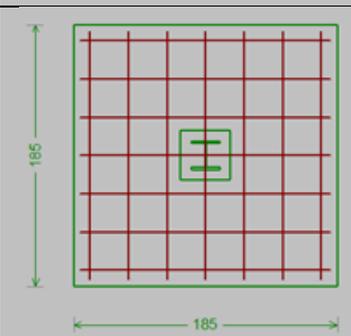
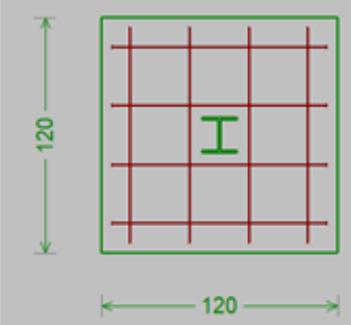
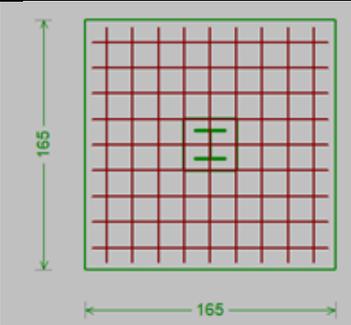
Perfil: HE 100 B Material: Acero (S275)							
	Origen	Extremo	Longitud (m)	Características mecánicas			
				Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	Planta 1 (P33, P25)	Planta 2 (P25, P33)	6.120	26.00	449.50	167.30	9.25
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.40	0.50	0.50	0.50			
L _K	2.448	3.060	3.060	3.060			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Tabla 22- Perfil cruces de San Andrés forjado de chapa colaborante.

9.8.3.3. Cimentaciones.

En lo referente a las cimentaciones, el primer paso a seguir es poner las zapatas. En este modelo se tienen diferentes tamaños de zapata. Estas se muestran en la Tabla 23:

Pilares	Dimensiones		Imagen
1, 8, 33	H (cm)	40	
	V (cm)	57.5	
2, 3, 4, 5, 6, 7, 34, 36	H (cm)	40	
	V (cm)	70	

Pilares	Dimensiones		Imagen
9, 16, 25, 38	H (cm)	40	
	V (cm)	65	
10, 15	H (cm)	40	
	V (cm)	90	
11, 12, 13, 14, 26, 28, 29,	H (cm)	40	
	V (cm)	92.5	
17, 24, 32, 39	H (cm)	40	
	V (cm)	60	
18, 22, 30	H (cm)	40	
	V (cm)	82.5	

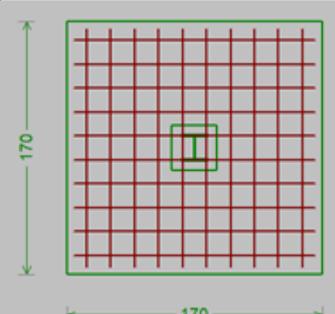
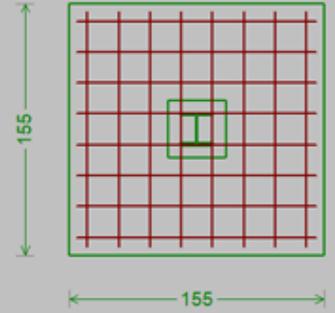
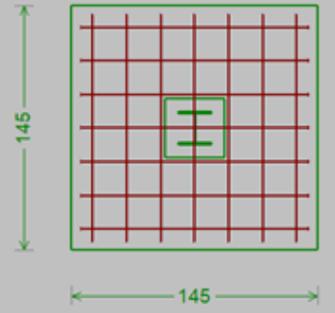
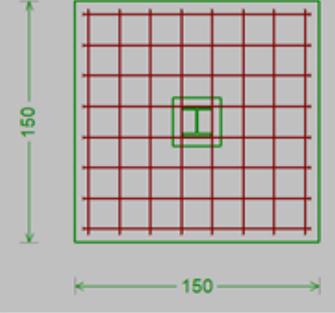
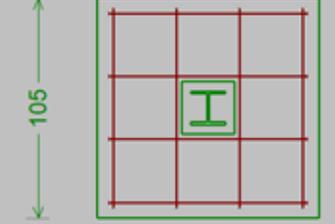
Pilares	Dimensiones		Imagen
19, 20, 21	H (cm)	40	
	V (cm)	85	
23	H (cm)	40	
	V (cm)	77.5	
31, 37	H (cm)	40	
	V (cm)	72.5	
35	H (cm)	40	
	V (cm)	75	
40	H (cm)	40	
	V (cm)	52.5	

Tabla 23- Zapatas modelo forjado chapa colaborante.

En lo respectivo a las placas de anclaje, estas junto con sus respectivos pernos se muestran en la Tabla 24:

Pilares	Placa de anclaje	
1, 8, 33, 40	<p>Esesor placa base: 14 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
9, 25, 16, 32	<p>Esesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
17, 24	<p>Esesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
10, 15	<p>Esesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>

Pilares	Placa de anclaje	
26		<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
31		<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
2, 7, 34, 39		<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
3, 4, 5, 6, 35, 36, 38		<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>

Pilares	Placa de anclaje	
37	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
11, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 30	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
18, 23	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>
19, 20, 21	<p>Espesor placa base: 15 mm</p>	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <p>Soldadura Placa base Mortero de nivelación</p> <p>Perno: Ø14 mm, B 500 S, Ys = 1.15</p> <p>Hormigón: HA-30, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p>

Pilares	Placa de anclaje
22	<p>Detalle Anclaje Perno</p> <ul style="list-style-type: none"> Soldadura Placa base Mortero de nivelación Perno: Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15 Hormigón: HA-30, Yc=1.5 Orientar anclaje al centro de la placa

Tabla 24- Placas de anclaje modelo forjado chapa colaborante.

9.9. Diseño 3D modelos de cálculo.

El diseño 3D de cada uno de los modelos de cálculo se muestran en la Figura 32, Figura 33 y Figura 34:

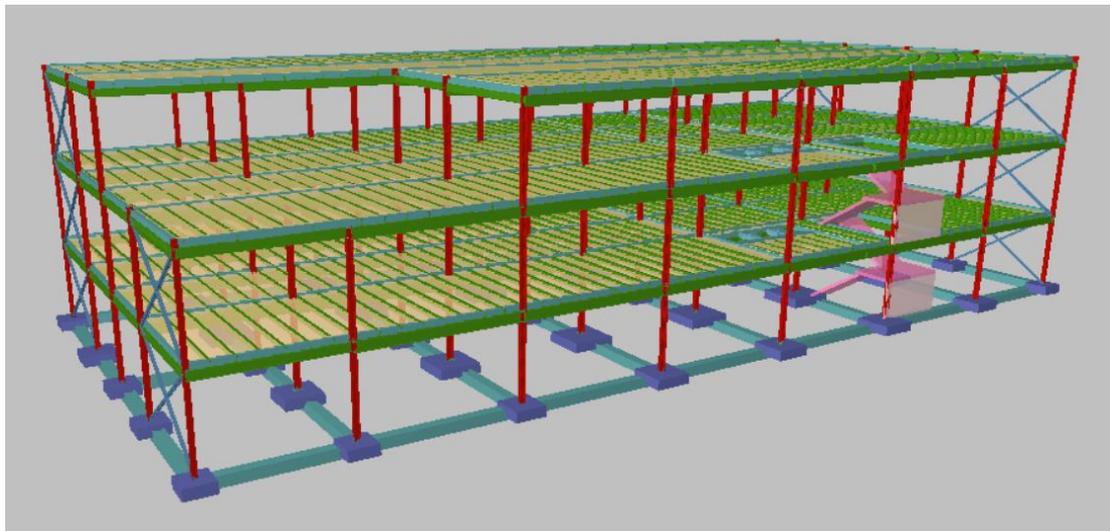


Figura 32- Diseño 3D modelo forjado viguetas y bovedillas.

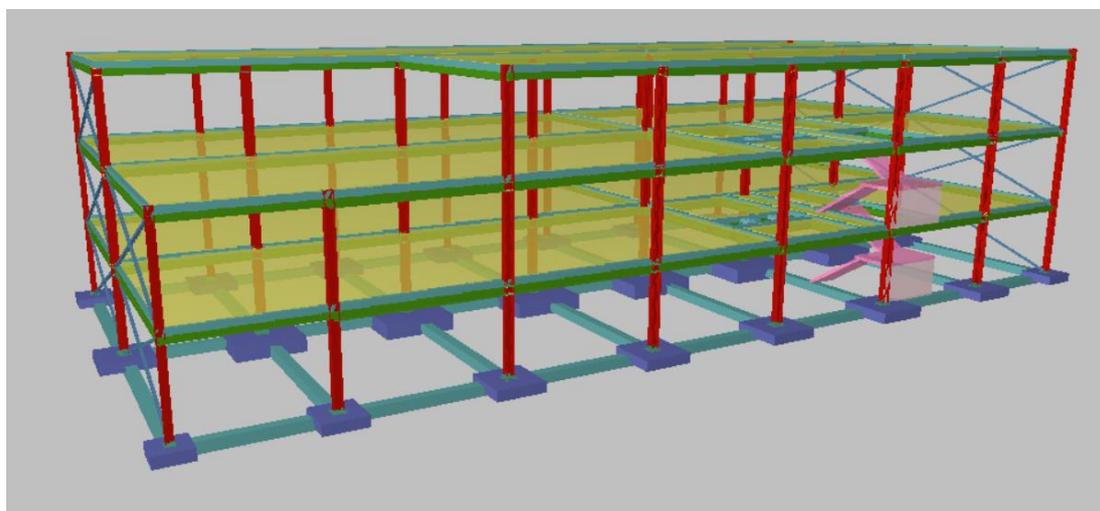


Figura 33- Diseño 3D modelo forjado placa alveolar.

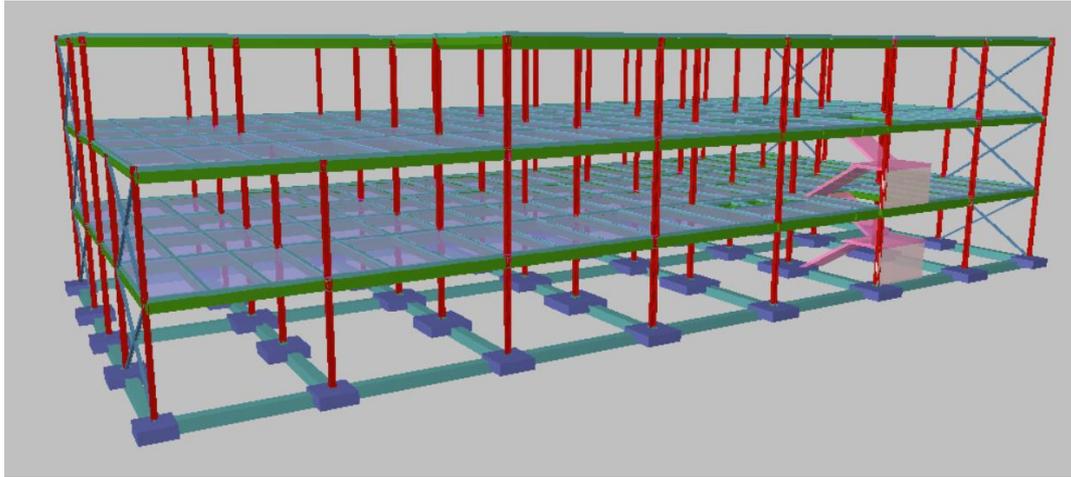


Figura 34- Diseño 3D modelo forjado chapa colaborante.

10. Resumen de presupuesto y tiempos.

Una vez se han obtenido los modelos y se ha verificado que cada uno de ellos cumple en relación a la resistencia y la esbeltez, se ha de conocer el presupuesto de cada uno de los modelos y sus respectivos tiempos de ejecución. Para ello, se va a utilizar el apoyo del programa Arquimedes.

10.1. Modelo forjado de viguetas y bovedillas.

El resumen del presupuesto de este modelo se muestra en la Tabla 25:

Capítulo	Importe
Parcela	754000.00 €
Cimentación	10282.49 €
Estructura	279717.07 €
Fachada	362166.84 €
Presupuesto de ejecución material	1406166.84 €
Presupuesto base de licitación	Importe
Presupuesto de ejecución material	1406166.84 €
Gastos generales (13%)	182801.69 €
Beneficio industrial (6%)	84370.01 €
Presupuesto de ejecución por contrata	1673338.54 €
IVA (21%)	351401.09 €
Presupuesto base de licitación	2024739.63 €

Tabla 25- Resumen del presupuesto del modelo de cálculo con forjado de viguetas y bovedillas.

Por otro lado, su diagrama de GANT se muestra en la Figura 35:

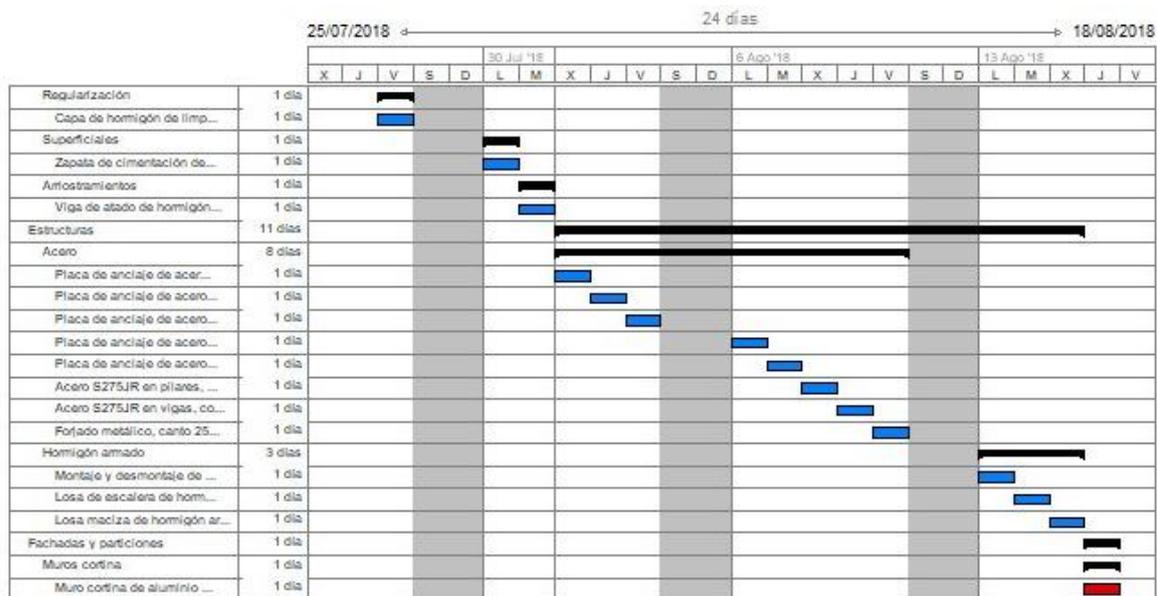


Figura 35- Diagrama de GANT modelo forjado viguetas y bovedillas.

10.2. Modelo forjado placa alveolar.

El resumen del presupuesto del modelo de forjado de placa alveolar se muestra en la Tabla 26:

Capítulo	Importe
Parcela	754000.00 €
Cimentación	13684.24 €
Estructura	321031.96 €
Fachada	362166.84 €
Presupuesto de ejecución material	1450883.04 €
Presupuesto base de licitación	Importe
Presupuesto de ejecución material	1450883.04 €
Gastos generales (13%)	188614.80 €
Beneficio industrial (6%)	87052.98 €
Presupuesto de ejecución por contrata	1726550.86 €
IVA (21%)	362575.67 €
Presupuesto base de licitación	2089126.53 €

Tabla 26- Resumen del presupuesto del modelo de cálculo con forjado de placa alveolar.

En cuanto a su diagrama de GANT, este se presenta en la Figura 36:

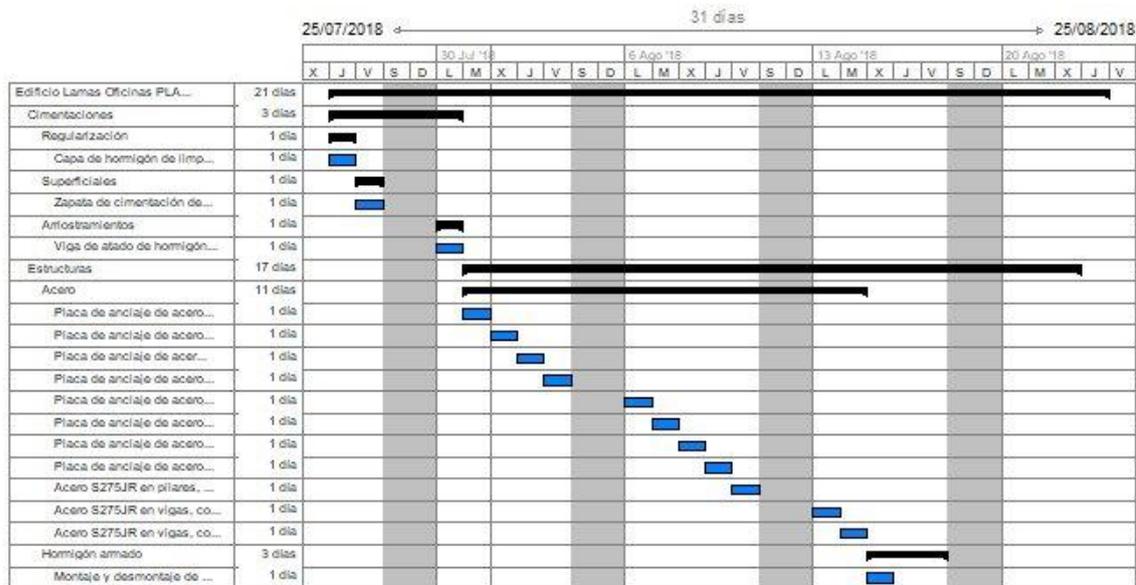


Figura 36- Diagrama de GANT modelo forjado placa alveolar.

10.3. Modelo forjado chapa colaborante.

Por último, el resumen del presupuesto de este modelo se muestra en la Tabla 27:

Capítulo	Importe
Parcela	754000.00 €
Cimentación	10598.30 €
Estructura	326703.23 €
Fachada	362166.84 €
Presupuesto de ejecución material	1453468.37 €
Presupuesto base de licitación	Importe
Presupuesto de ejecución material	1453468.37 €
Gastos generales (13%)	188950.89 €
Beneficio industrial (6%)	87208.10 €
Presupuesto de ejecución por contrata	1729627.36 €
IVA (21%)	363221.75 €
Presupuesto base de licitación	2092849.11 €

Tabla 27- Resumen del presupuesto del modelo de cálculo con forjado de chapa colaborante.

En lo referente al diagrama de GANT, este se presenta en la Figura 37:

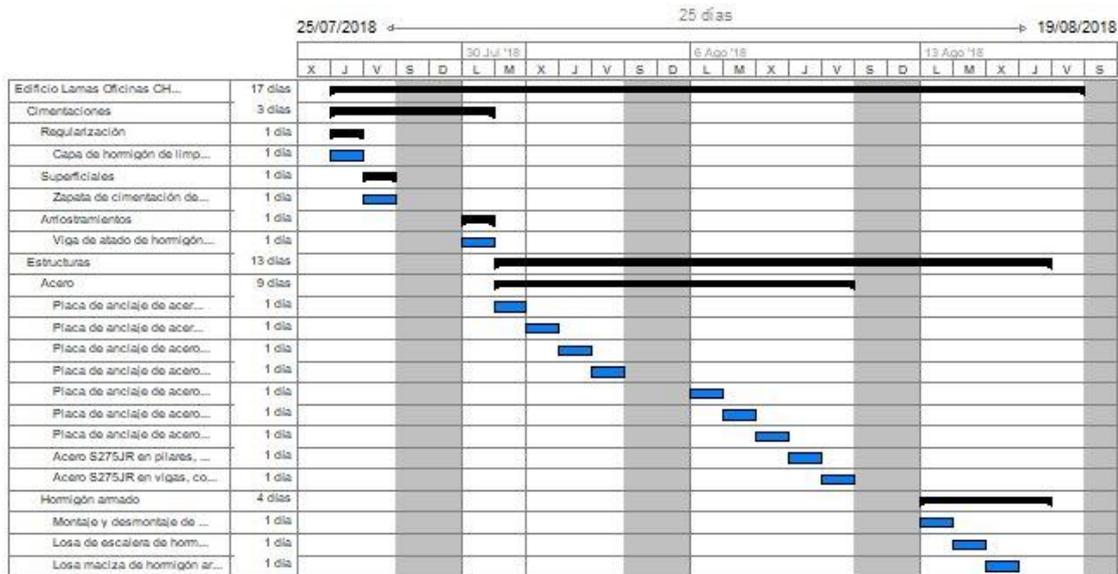


Figura 37- Diagrama de GANT modelo forjado chapa colaborante.



11. Conclusiones.

Una vez se han completado todos los pasos para el desarrollo, cálculo y modelo estructural de los tres modelos de edificio, se selecciona una de ellas como la óptima. Como se ha comentado con anterioridad, esto va a depender de dos factores: coste y tiempo de ejecución del proyecto.

Estos tres modelos cumplen todas las condiciones normativas en cuanto a requerimientos marcados por el CTE. Esto se ha realizado ya que, como un proyecto de ingeniería que es, se han de valorar distintas opciones para encontrar la solución más viable en cuanto a economía.

Por lo tanto, después de haber los tres edificios y se hayan realizado las comprobaciones estructurales normativas, obtenido el presupuesto de cada uno de los tres, se opta por el modelo de forjado de viguetas y bovedillas, ya que es el más económico y también el de menor tiempo de ejecución.

Por consiguiente, el proyecto presenta un presupuesto económico base total de 1.406.166,40 euros. En ese precio se incluye:

- La compra de la parcela.
- Los montadores.
- Las cimentaciones.
- La estructura metálica.
- El forjado.
- Los cerramientos.

Por último, la ejecución de este proyecto tendrá una duración de 24 días naturales.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.





Diseño y cálculo de la estructura de un edificio
de oficinas de 2160 m² en Valencia.



2. DOCUMENTO II. ANEXO DE CÁLCULO.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.





Índice

1. Anexo de cálculo	2
1.1. Normativa	2
1.2. Materiales	2
1.2.1. Hormigones	2
1.2.2. Aceros	2
1.3. Acciones	2
1.3.1. Gravitatorias	2
1.3.2. Viento	3
1.3.3. Hipótesis de carga	3
1.3.4. Listado de cargas	3
1.4. Comprobaciones E.L.S y E.L.U.	4
1.4.1. Elemento 1	5
1.4.2. Elemento 2	8
1.4.3. Elemento 3	9
1.4.4. Elemento 4	9

1. Anexo de cálculo.

1.1. Normativa.

La normativa que se ha empleado para el cálculo de la estructura escogida del edificio es el Código Técnico de la Edificación (CTE) y la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), como ya se ha mencionado en el apartado 4.

1.2. Materiales.

1.2.1. Hormigones.

El hormigón empleado se muestra en la Tabla 1:

Elemento	Hormigón	f _{ck} (MPa)	γ _c	Árido		E _c (MPa)
				Naturaleza	Tamaño máximo (mm)	
Todos	HA-30	30	1.50	Cuarcita	15	28577

Tabla 1- Hormigón en zapatas.

1.2.2. Aceros.

Los aceros en barras se muestran en la Tabla 2:

Elemento	Acero	f _{yk} (MPa)	γ _s
Todos	B 500 S	500	1.15

Tabla 2- Acero en barras.

Por otro lado, los aceros en perfiles se muestran en la Tabla 3:

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Acero conformado	S235	235	210
Acero laminado	S275	275	210
Acero de pernos	B 500 S, Y _s = 1.15 (corrugado)	500	206

Tabla 3- Acero en perfiles.

1.3. Acciones.

1.3.1. Gravitatorias.

Las acciones gravitatorias se muestran en la

Planta	S.C.U (kN/m ²)	Cargas muertas (kN/m ²)
Cubierta	1.2	2.0
Planta 2	2.0	2.0
Planta 1	2.0	2.0
Cimentación	0.0	0.0

Tabla 4- Acciones gravitatorias.

1.3.2. Viento.

Como se ha comentado en el apartado 9.1 el edificio se encuentra en la zona eólica tipo A y su grado de aspereza es el tipo IV, referente a zona urbana, industrial o forestal. Las cargas de viento se muestran en la

Planta	Viento X (kN)	Viento Y (kN)
Cubierta	60.521	24.150
Planta 2	103.118	41.149
Planta 1	89.050	35.535

Tabla 5- Cargas de viento.

Conforme al artículo 3.3.2., apartado 2 del Documento Básico AE, se ha considerado que las fuerzas de viento por planta, en cada dirección del análisis, actúan con una excentricidad de $\pm 5\%$ de la dimensión máxima del edificio.

1.3.3. Hipótesis de carga.

Las hipótesis de carga que se han considerado son las siguientes:

- Peso propio
- Cargas muertas
- Sobrecarga de uso
- Viento +X exc.+
- Viento +X exc.-
- Viento -X exc.+
- Viento -X exc.-
- Viento +Y exc.+
- Viento +Y exc.-
- Viento -Y exc.+
- Viento -Y exc.-

1.3.4. Listado de cargas.

Las cargas especiales introducidas se muestran en la Tabla 6:

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
Cimentación	Peso propio	Lineal	11.80	(9.60,13.60) (11.00,13.60)
	Peso propio	Lineal	9.11	(11.00,17.95) (8.00,17.95)
	Cargas muertas	Lineal	10.58	(9.60,13.60) (11.00,13.60)
	Cargas muertas	Lineal	3.62	(11.00,17.95) (8.00,17.95)
	Sobrecarga de uso	Lineal	8.52	(9.60,13.60) (11.00,13.60)
	Sobrecarga de uso	Lineal	4.23	(11.00,17.95) (8.00,17.95)
Planta 1	Peso propio	Lineal	11.80	(9.60,13.60) (11.00,13.60)
	Peso propio	Lineal	9.11	(11.00,17.95) (8.00,17.95)
	Peso propio	Lineal	11.72	(8.00,13.63) (9.40,13.63)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(12.50,15.20) (17.00,15.20)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(12.50,13.70) (17.00,13.70)

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(14.00,13.70) (14.00,15.20)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(15.50,13.70) (15.50,15.20)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(12.50,15.20) (12.50,13.70)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(17.00,15.20) (17.00,13.70)
	Cargas muertas	Lineal	10.58	(9.60,13.60) (11.00,13.60)
	Cargas muertas	Lineal	3.62	(11.00,17.95) (8.00,17.95)
	Cargas muertas	Lineal	10.54	(8.00,13.63) (9.40,13.63)
	Sobrecarga de uso	Lineal	8.52	(9.60,13.60) (11.00,13.60)
	Sobrecarga de uso	Lineal	4.23	(11.00,17.95) (8.00,17.95)
	Sobrecarga de uso	Lineal	8.46	(8.00,13.63) (9.40,13.63)
Planta 2	Peso propio	Lineal	11.72	(8.00,13.63) (9.40,13.63)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(17.00,15.20) (12.50,15.20)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(12.50,13.70) (17.00,13.70)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(15.50,15.20) (15.50,13.70)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(14.00,15.20) (14.00,13.70)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(17.00,15.20) (17.00,13.70)
	Cargas muertas	Lineal	6.00	(12.50,15.20) (12.50,13.70)
	Cargas muertas	Lineal	10.54	(8.00,13.63) (9.40,13.63)
	Sobrecarga de uso	Lineal	8.46	(8.00,13.63) (9.40,13.63)

Tabla 6- Cargas especiales.

1.4. Comprobaciones E.L.S y E.L.U.

Se va a proceder a analizar el Estado Límite de Servicio y el Estado Límite Último de cada uno de los diferentes elementos que componen la estructura. Estos elementos se muestran en la *Figura 1*:

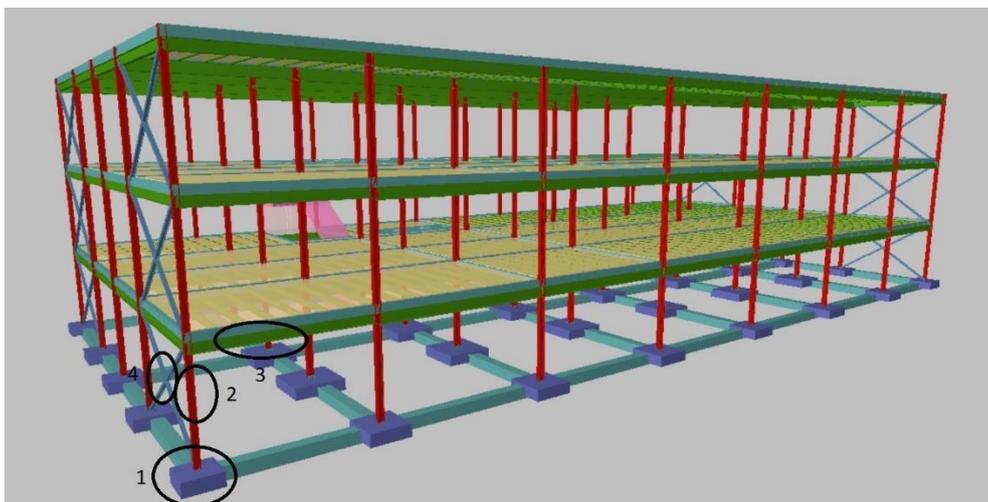


Figura 1- Elementos estructurales.

1.4.1. Elemento 1.

Las comprobaciones de la zapata del elemento 1 se muestran en la Tabla 7:

Referencia: P1 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.158333 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.179033 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.239658 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 346.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 308.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 26.13 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 24.64 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 26.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 25.11 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 6000 kN/m ² Calculado: 844.1 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- P1:	Mínimo: 33 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0008	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple

Referencia: P1 Dimensiones: 105 x 105 x 40 Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm Calculado: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud mínima de las patillas: - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 12 cm Calculado: 12 cm Calculado: 12 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 7- Comprobación zapata P1.

En cuanto a las vigas de atado de elemento 1, las comprobaciones se muestran en la Tabla 8:

Referencia: C.1 [P1 - P2] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 2 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior:	Mínimo: 2 cm Calculado: 28 cm	Cumple

Referencia: C.1 [P1 - P2] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura inferior:	Calculado: 28 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 28 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 8- Comprobación vigas de atado P1-P2.

Por último, las comprobaciones de la placa de anclaje del elemento 1 se muestran en la Tabla 9:

Referencia: P1 -Placa base: Ancho X: 250 mm Ancho Y: 250 mm Espesor: 14 mm -Pernos: 4Ø10 mm L=30 cm Patilla a 90 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 210 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 15 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 37.64 kN Calculado: 6.1 kN Máximo: 26.35 kN Calculado: 8.26 kN Máximo: 37.64 kN Calculado: 17.9 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 31.4 kN Calculado: 7.43 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 202.496 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 73.33 kN Calculado: 8.26 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 114.663 MPa	Cumple
- Izquierda: - Arriba:	Calculado: 118.944 MPa Calculado: 252.799 MPa	Cumple Cumple

Referencia: P1		
-Placa base: Ancho X: 250 mm Ancho Y: 250 mm Espesor: 14 mm		
-Pernos: 4Ø10 mm L=30 cm Patilla a 90 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
- Abajo:	Calculado: 98.8293 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2285.69	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2149.67	Cumple
- Arriba:	Calculado: 677.111	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1798.89	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 9- Comprobación placa de anclaje P1.

1.4.2. Elemento 2.

Las comprobaciones del elemento 2 se muestran en la Tabla 10:

Tramo	Sección	Posición	Sección de acero laminado										Esfuerzos pésimos						Estado		
			Comprobaciones										Naturaleza	Comp.	N (kN)	Mxx (kN·m)	Myy (kN·m)	Qx (kN)		Qy (kN)	
			$\bar{\lambda}$	λ_w	N _c (%)	M _y (%)	M _z (%)	V _z (%)	NM _y M _z (%)	M _y V _z (%)	Aprov. (%)										
Cubierta (7 - 10.5 m)	HE 160 B	Cabeza	Cumple	Cumple	5.5	20.9	1.2	4.2	27.3	4.2	27.3	G, Q, V ⁽¹⁾	N _c , M _z	49.9	-16.2	0.6	-	-	0.3	10.6	Cumple
			Cumple	Cumple	5.5	20.9	1.2	4.2	27.3	4.2	27.3	G, Q, V ⁽²⁾	M _y , V _z , M _t , V _z	48.3	-17.3	0.6	-	-	0.3	11.2	
			Cumple	Cumple	5.5	20.9	1.2	4.2	27.3	4.2	27.3	G, Q, V ⁽³⁾	NM _y , M _z	48.7	-17.3	0.6	-	-	0.3	11.2	
		Pie	Cumple	Cumple	5.7	19.0	1.0	4.2	25.3	4.2	25.3	G, Q, V ⁽¹⁾	N _c	51.5	15.0	-0.4	-	-	0.3	10.6	Cumple
			Cumple	Cumple	5.7	19.0	1.0	4.2	25.3	4.2	25.3	G, Q, V ⁽²⁾	M _y , V _z , M _t , V _z	50.0	15.7	-0.4	-	-	0.3	11.2	
			Cumple	Cumple	5.7	19.0	1.0	4.2	25.3	4.2	25.3	G, Q, V ⁽⁴⁾	M _z	47.4	15.1	-0.4	-	-	0.3	10.7	
Planta 2 (3.5 - 7 m)	HE 160 B	Cabeza	Cumple	Cumple	13.4	19.9	0.8	4.2	32.9	4.2	32.9	G, Q, V ⁽¹⁾	N _c	122.1	-14.1	0.3	-	-	0.2	-9.8	Cumple
			Cumple	Cumple	13.4	19.9	0.8	4.2	32.9	4.2	32.9	G, Q, V ⁽⁵⁾	M _y	106.5	-16.5	0.3	-	-	0.2	-11.1	
			Cumple	Cumple	13.4	19.9	0.8	4.2	32.9	4.2	32.9	G, Q, V ⁽⁶⁾	M _z	120.6	-12.6	0.3	-	-	0.2	-8.8	
			Cumple	Cumple	13.4	19.9	0.8	4.2	32.9	4.2	32.9	G, Q, V ⁽²⁾	V _z , M _t , V _z	113.7	-16.4	0.3	-	-	0.2	-11.2	
		Pie	Cumple	Cumple	13.6	20.0	1.0	4.2	33.4	4.2	33.4	G, Q, V ⁽³⁾	NM _y , M _z	115.7	-16.4	0.3	-	-	0.2	-11.2	Cumple
			Cumple	Cumple	13.6	20.0	1.0	4.2	33.4	4.2	33.4	G, Q, V ⁽¹⁾	N _c	123.8	14.7	-0.4	-	-	0.2	-9.8	
			Cumple	Cumple	13.6	20.0	1.0	4.2	33.4	4.2	33.4	G, Q, V ⁽²⁾	M _y , V _z , M _t , V _z	115.3	16.5	-0.4	-	-	0.2	-11.2	
			Cumple	Cumple	13.6	20.0	1.0	4.2	33.4	4.2	33.4	G, Q, V ⁽⁷⁾	M _z	89.2	13.4	-0.4	-	-	0.2	-8.9	
Planta 1 (0 - 3.5 m)	HE 160 B	Cabeza	Cumple	Cumple	21.5	19.2	0.9	3.7	38.2	3.7	38.2	G, Q, V ⁽⁶⁾	N _c , M _z	195.7	-10.4	0.4	-	-	0.3	-5.6	Cumple
			Cumple	Cumple	21.5	19.2	0.9	3.7	38.2	3.7	38.2	G, Q, V ⁽⁵⁾	M _y , V _z , M _t , V _z	160.8	-15.9	0.4	-	-	0.2	-10.0	
			Cumple	Cumple	21.5	19.2	0.9	3.7	38.2	3.7	38.2	G, Q, V ⁽⁸⁾	NM _y , M _z	168.8	-15.8	0.4	-	-	0.2	-9.9	
		Pie	Cumple	Cumple	21.7	16.3	0.9	3.7	35.2	3.7	35.2	G, Q, V ⁽⁶⁾	N _c , M _z	197.3	6.0	-0.4	-	-	0.3	-5.6	Cumple
			Cumple	Cumple	21.7	16.3	0.9	3.7	35.2	3.7	35.2	G, Q, V ⁽⁵⁾	M _y , V _z , M _t , V _z	162.5	13.5	-0.2	-	-	0.2	-10.0	
			Cumple	Cumple	21.7	16.3	0.9	3.7	35.2	3.7	35.2	G, Q, V ⁽⁵⁾	M _y , V _z , M _t , V _z	162.5	13.5	-0.2	-	-	0.2	-10.0	

Sección de acero laminado																			
Tramo	Sección	Posición	Comprobaciones								Esfuerzos pésimos						Estado		
			$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t (%)	M _y (%)	M _z (%)	V _z (%)	NM _y M _z (%)	M _t V _z (%)	Aprov. (%)	Naturaleza	Comp.	N (kN)	M _{xx} (kN·m)	M _{yy} (kN·m)		Q _x (kN)	Q _y (kN)
												G, Q, V ⁽⁸⁾	NM _y M _z	170.5	13.4	-0.2	-0.2	-9.9	
Notas: ⁽¹⁾ 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa+0.9·V(-Yexc.-) ⁽²⁾ 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa+0.9·V(-Xexc.-) ⁽³⁾ 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa+0.9·V(-Yexc.+) ⁽⁴⁾ 1.35·PP+1.35·CM+1.5·Qa+0.9·V(+Yexc.-) ⁽⁵⁾ 1.35·PP+1.35·CM+1.05·Qa+1.5·V(-Xexc.-) ⁽⁶⁾ 1.35·PP+1.35·CM+1.05·Qa+1.5·V(-Yexc.-) ⁽⁷⁾ 1.35·PP+1.35·CM+1.05·Qa+1.5·V(+Yexc.-) ⁽⁸⁾ 1.35·PP+1.35·CM+1.05·Qa+1.5·V(-Xexc.+) 																			

Tabla 10- Comprobación P1.

1.4.3. Elemento 3.

Las comprobaciones del elemento 3 se muestran en la Tabla 11:

Tramos	COMPROBACIONES DE RESISTENCIA (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
P1 - P2	N.P. ⁽¹⁾	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 4.83 m $\eta = 77.7$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 4.83 m $\eta = 17.5$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	x: 4.428 m $\eta = 0.1$	x: 4.83 m $\eta = 16.9$	N.P. ⁽⁹⁾	CUMPLE $\eta = 77.7$

Tabla 11- Comprobación viga P1-P2.

1.4.4. Elemento 4.

Las comprobaciones del elemento 4 se muestran en la Tabla 12:

Tramos	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
Planta 1 - Planta 2 (P1, P9)	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 2.1$	$\eta = 8.6$	$\eta = 3.4$	$\eta = 1.5$	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 12.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.2$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 12.7$

Tabla 12- Comprobación vigas arriostramiento P1-P9.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.





Diseño y cálculo de la estructura de un edificio
de oficinas de 2160 m² en Valencia.



3. DOCUMENTO III. ANEXO DE PRESUPUESTO.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.





Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.



Índice

1. Anexo de presupuesto.	2
---------------------------------------	---

1. Anexo de presupuesto.

Para la solución seleccionada el presupuesto base desglosado se muestra en la Tabla 1:

Capítulo P Parcela				
Total capítulo P				754.000,00
Capítulo C Cimentación				
CRL030	m ²	Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada.	161,970	1.242,31
CSZ030	m ³	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 26,3 kg/m ³ . Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar y separadores.	34,909	4.539,92
CAV030	m ³	Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 51,5 kg/m ³ . Incluso alambre de atar y separadores.	29,910	4.500,26
Total capítulo C				10.282,49
Capítulo E Estructura				
EAS030	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 250x250 mm y espesor 14 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 10 mm de diámetro y 44,1124 cm de longitud total, soldados.	4,000	86,92
EAS030b	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 14 mm de diámetro y 48,4973 cm de longitud total, soldados.	17,000	532,78
EAS030c	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 14 mm de diámetro y 48,4973 cm de longitud total, soldados.	2,000	75,30
EAS030d	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 14 mm de diámetro y 48,4973 cm de longitud total, soldados.	4,000	154,24
EAS030e	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 350x350 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 50,6398 cm de longitud total, soldados.	13,000	622,05
EAS040	kg	Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie HEB, con uniones soldadas en obra.	21.817,000	46.033,87

EAV030	kg	Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE, con uniones soldadas en obra.	42.753,300	90.209,46
EAF010	m ²	Forjado metálico, canto 25 = 20+5 cm, hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, volumen 0,08 m ³ /m ² ; acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 1,8 kg/m ³ ; vigueta metálica IPE 180, S275JR; bovedilla mecanizada de poliestireno expandido, 60x50x20 cm malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compresión.	2.061,000	138.890,79
EHE015	m ²	Montaje y desmontaje de sistema de encofrado para formación de losa de escalera de hormigón armado, con acabado tipo industrial para revestir en su cara inferior y laterales, con peldaño de hormigón, en planta de hasta 3 m de altura libre, formado por: superficie encofrante de tablonos de madera de pino, amortizables en 10 usos; estructura soporte horizontal de tablonos de madera de pino, amortizables en 10 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.	25,820	1.006,46
EHE030	m ²	Losa de escalera de hormigón armado de 15 cm de espesor, con peldaño de hormigón, realizada con hormigón HA-30/P/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 20,5121 kg/m ² . Incluso alambre de atar y separadores.	25,820	1.330,25
EHL030	m ²	Losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 3 y 4 m, canto 30 cm, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 2,8 kg/m ² ; montaje y desmontaje de sistema de encofrado continuo, con acabado tipo industrial para revestir, formado por: superficie encofrante de tableros de madera tratada, reforzados con varillas y perfiles, amortizables en 25 usos; estructura soporte horizontal de sopandas metálicas y accesorios de montaje, amortizables en 150 usos y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 150 usos. Incluso nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, alambre de atar y separadores.	11,000	774,95
Total capítulo E				279.717,07

Capítulo F Fachada

FMC010	m ²	Muro cortina de aluminio realizado mediante el sistema de tapetas; cerramiento compuesto de un 60% de superficie opaca (antepechos sin acristalamiento exterior, cantos de forjado y falsos techos) y un 40% de superficie transparente (32% fija con luna sin templar por el exterior y 8% de ventanas con doble acristalamiento).	1.029,000	362.166,84
Total capítulo F				362.166,84
Total obra				1.406.166,40

Tabla 1- Presupuesto modelo de cálculo con forjado de viguetas y bovedillas.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.





Diseño y cálculo de la estructura de un edificio
de oficinas de 2160 m² en Valencia.



4. DOCUMENTO IV. PLANOS.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.





Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.



Índice

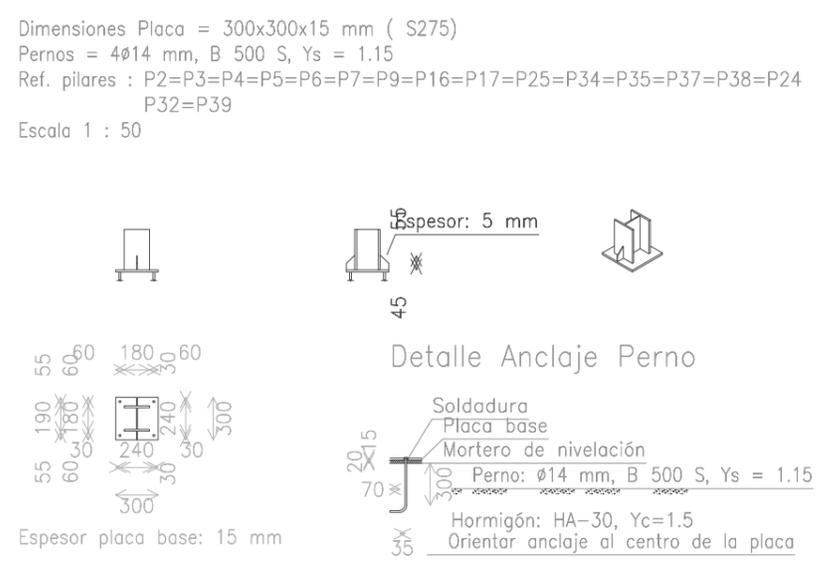
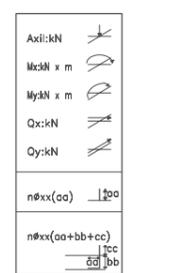
1. Cargas a cimentación.
2. Cimentación.
3. Cuadro de pilares.
4. Forjado primera planta.
5. Forjado segunda planta.
6. Forjado cubierta.



Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m² en Valencia.

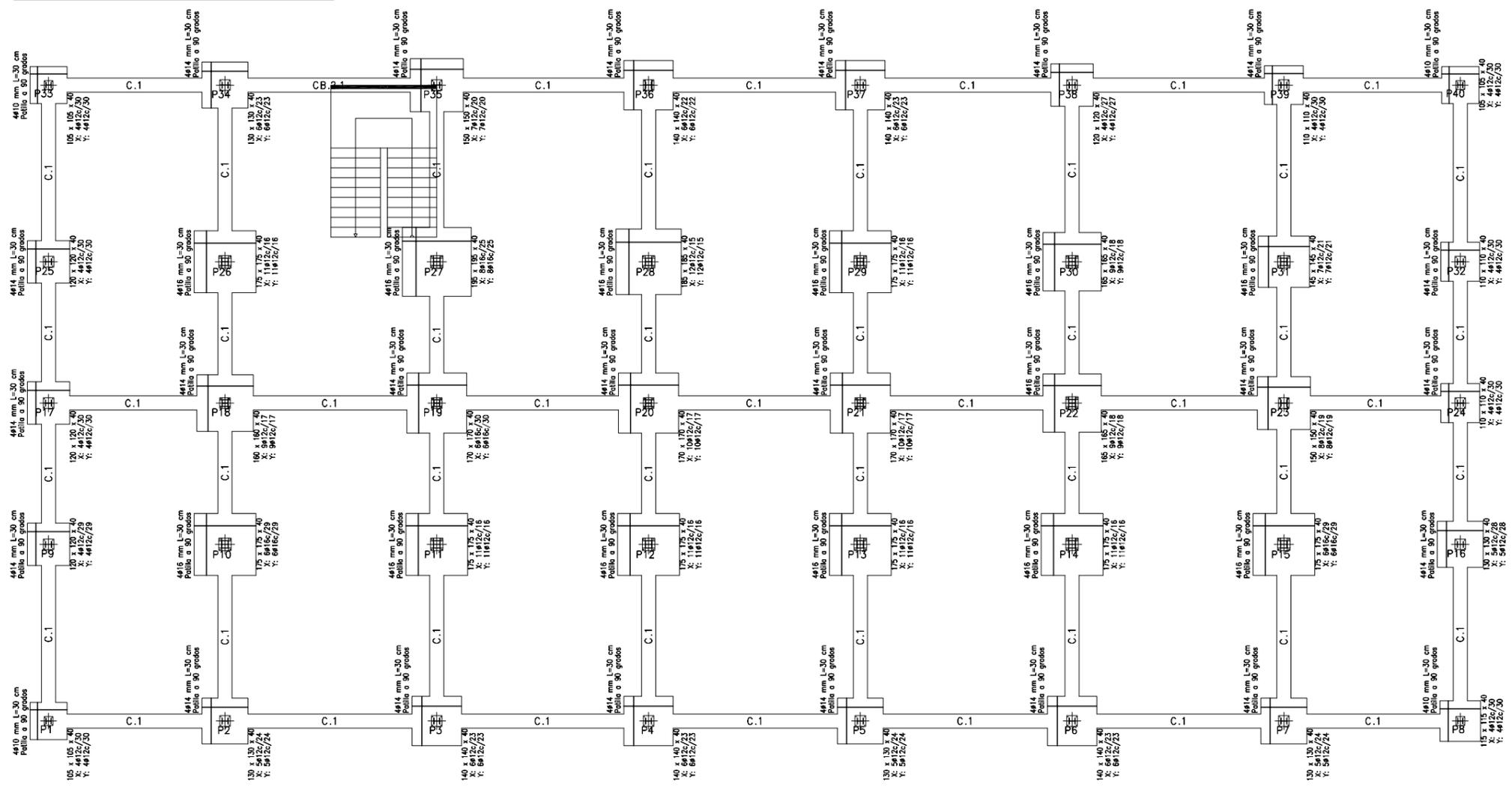
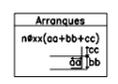


Placa	Aut.	Mx	My	Qx	Qy	Placa	Aut.	Mx	My	Qx	Qy
P33: HE 160 B	67.04	-1.76	0.01	-1.63	4.77	P34: HE 180 B	132.84	-1.77	-0.04	-1.58	-0.04
P35: HE 180 B	105.85	1.40	0.12	1.30	0.11	P36: HE 180 B	144.47	-5.27	0.25	-9.35	0.23
P37: HE 180 B	140.27	0.13	0.14	0.11	0.12	P38: HE 180 B	116.11	0.04	0.14	0.23	0.13
P39: HE 180 B	87.40	0.56	0.20	0.51	-0.20	P40: HE 160 B	45.05	1.89	-0.09	1.74	3.45
P25: HE 180 B	96.12	-2.48	0.04	-2.34	-2.78	P26: HE 200 B	228.30	-1.57	0.01	-1.54	0.01
P27: HE 200 B	228.30	0.62	-0.46	0.37	-0.43	P28: HE 200 B	237.81	-0.28	-0.28	-0.09	-0.28
P29: HE 200 B	230.04	0.20	-0.02	0.17	-0.23	P30: HE 200 B	188.69	0.09	-0.63	0.26	-0.23
P31: HE 200 B	145.78	0.63	0.20	0.58	-0.20	P32: HE 180 B	87.79	2.86	0.05	2.51	-2.75
P17: HE 180 B	86.08	-2.14	0.00	-2.38	0.00	P18: HE 180 B	108.14	-0.51	0.00	-0.48	0.00
P19: HE 180 B	147.74	0.15	0.00	0.11	0.00	P20: HE 180 B	208.23	0.08	0.00	0.06	0.00
P21: HE 180 B	150.19	0.11	0.00	0.08	0.00	P22: HE 200 B	188.44	0.02	-0.00	-0.00	-0.00
P23: HE 180 B	100.28	0.55	0.00	0.51	0.00	P24: HE 180 B	78.78	2.82	0.02	2.64	0.02
P9: HE 180 B	98.39	-2.05	-0.06	-2.53	4.07	P10: HE 200 B	214.01	-0.48	-0.01	-0.48	-0.01
P11: HE 200 B	237.43	0.12	0.02	0.10	0.01	P12: HE 200 B	167.72	0.13	0.03	0.08	0.03
P13: HE 200 B	223.46	0.08	0.04	0.05	0.03	P14: HE 200 B	225.11	-0.01	0.04	-0.03	0.03
P15: HE 200 B	188.08	0.08	0.03	0.04	0.03	P16: HE 200 B	214.51	0.80	0.00	0.58	0.00
P1: HE 160 B	66.06	-1.86	-0.51	-1.82	-4.52	P2: HE 180 B	129.36	-0.48	0.04	-0.47	0.04
P3: HE 180 B	144.47	0.10	-0.07	0.08	-0.08	P4: HE 180 B	143.27	0.07	-0.14	0.05	-0.12
P5: HE 180 B	138.58	0.00	-0.13	0.03	-0.12	P6: HE 180 B	137.85	-0.63	-0.13	-0.24	-0.12
P7: HE 180 B	129.59	0.55	0.00	0.50	0.00	P8: HE 160 B	67.17	2.04	-0.01	1.88	-4.78



Autor	Javier Lamas Maicas	Nombre de plano	 CARGAS A CIMENTACIÓN
Fecha	16 de Julio de 2018		
Escala	1:150		
Nº	01		
Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m2 en Valencia			

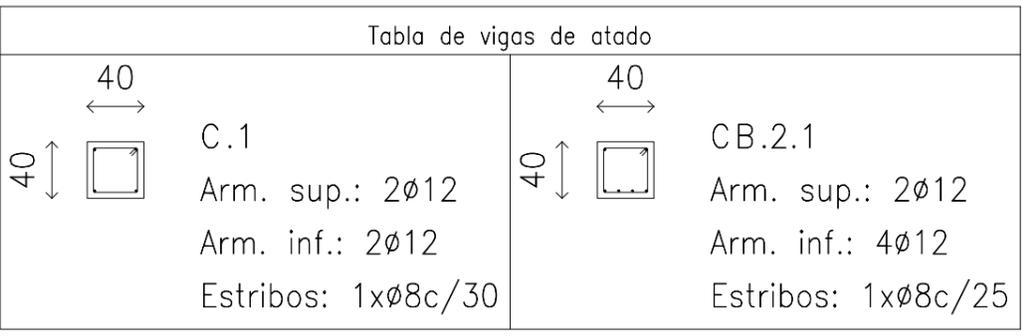
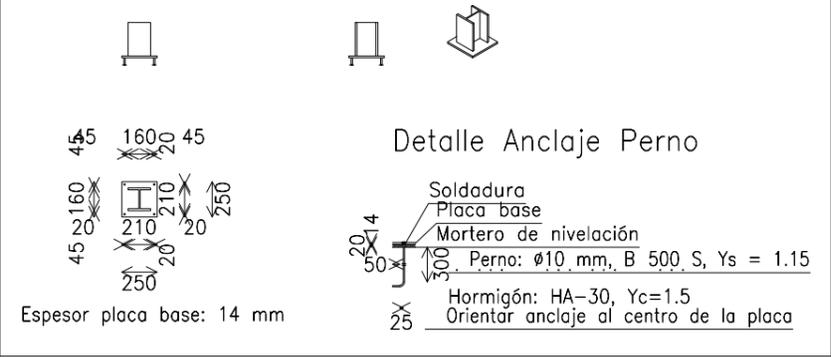
Cimentación
 Cimentación
 Hormigón: HA-30, Yc=1.5
 Acero laminado y armado: S275
 Aceros en cimentación: B 500 S, Ys=1.15
 Escala: 1:150



CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN				
Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y
P1, P33 y P40	105x105	40	4Ø12c/30	4Ø12c/30
P2, P5 y P7	130x130	40	5Ø12c/24	5Ø12c/24
P3, P4, P6 y P37	140x140	40	6Ø12c/23	6Ø12c/23
P8	115x115	40	4Ø12c/30	4Ø12c/30
P9	120x120	40	4Ø12c/29	4Ø12c/29
P10 y P15	175x175	40	6Ø16c/29	6Ø16c/29
P11, P12, P13, P14, P26 y P29	175x175	40	11Ø12c/16	11Ø12c/16
P16	130x130	40	5Ø12c/28	5Ø12c/28
P17 y P25	120x120	40	4Ø12c/30	4Ø12c/30
P18	160x160	40	9Ø12c/17	9Ø12c/17
P19	170x170	40	6Ø16c/30	6Ø16c/30
P20 y P21	170x170	40	10Ø12c/17	10Ø12c/17
P22 y P30	165x165	40	9Ø12c/18	9Ø12c/18
P23	150x150	40	8Ø12c/19	8Ø12c/19
P24, P32 y P39	110x110	40	4Ø12c/30	4Ø12c/30
P27	195x195	40	8Ø16c/25	8Ø16c/25
P28	185x185	40	12Ø12c/15	12Ø12c/15
P31	145x145	40	7Ø12c/21	7Ø12c/21
P34	130x130	40	6Ø12c/23	6Ø12c/23
P35	150x150	40	7Ø12c/20	7Ø12c/20
P36	140x140	40	6Ø12c/22	6Ø12c/22
P38	120x120	40	4Ø12c/27	4Ø12c/27

Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
P1, P8, P33 y P40	4Ø10 mm L=30 cm	250x250x14 (mm)
P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P23, P24, P25, P32, P34, P35, P36, P37, P38 y P39	4Ø14 mm L=30 cm	300x300x15 (mm)
P10, P11, P12, P13, P14, P15, P22, P26, P27, P28, P29, P30 y P31	4Ø16 mm L=30 cm	350x350x15 (mm)

Dimensiones Placa = 250x250x14 mm (S275)
 Pernos = 4Ø10 mm, B 500 S, Ys = 1.15
 Ref. pilares : P1=P8=P33=P40
 Escala 1 : 50



Autor	Javier Lamas Maicas	Nombre de plano CIMENTACIÓN	
Fecha	16 de Julio de 2018		
Escala	1:150		
Nº	02		
Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m2 en Valencia			

Cuadro de pilares
Escala 1:50
Acero laminado en perfiles: S275

Medición de perfiles Acero: S275		
Perfil	Longitud (m)	Peso (kg)
HE 160 B	38.50	1641.08
HE 180 B	234.50	12020.59
HE 200 B	133.00	8154.03
Total		21815.70

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	Cubierta														
H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	Planta 2														
H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	Planta 1														
H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	Cimentación														

P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	
H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	H HE 180 B	H HE 180 B	H HE 200 B			H HE 160 B	H HE 180 B			Cubierta								
H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	H HE 180 B	H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 160 B	Planta 2										
H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	H HE 180 B	H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 160 B	Planta 1										
H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	H HE 180 B	H HE 180 B	H HE 200 B	H HE 180 B	H HE 160 B	H HE 180 B	H HE 160 B	Cimentación										

Autor	Javier Lamas Maicas	Nombre de plano CUADRO DE PILARES	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA
Fecha	16 de Julio de 2018		
Escala	1:150		
Nº	03		
Diseño y cálculo de la estructura de un edificio de oficinas de 2160 m2 en Valencia			 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

