



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN EDIFICIO DE APARTAMENTOS RURALES DE CUATRO ALTURAS, CON UNA SUPERFICIE DE 188 m² POR PLANTA, SITUADO EN SEGORBE (CASTELLÓN).

AUTORA: PAULA DE LOS DESAMPARADOS RESINO BORJA

TUTORA: ANA ESPINÓS CAPILLA

COTUTOR: ANDRÉS LAPUEBLA FERRI

Curso Académico: 2018-19

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

RESUMEN

En el presente Trabajo de Fin de Grado va a desarrollarse el diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas ubicado en Segorbe (Castellón).

En el actual proyecto se aplicarán una serie de conocimientos adquiridos a lo largo del estudio del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales en asignaturas como Estructuras, Tecnología de la Construcción, Elasticidad y Resistencia de Materiales, Ingeniería Gráfica y Proyectos.

Se incluye una memoria descriptiva de la solución adoptada y anexos de cálculo con todas las comprobaciones, teniendo en cuenta la normativa recogida en el Código Técnico de Edificación (CTE). También se incluirá el presupuesto y, finalmente, los planos.

Para la realización del análisis y el dimensionado de la estructura será imprescindible el uso del programa CYPE Ingenieros, empleándose el módulo de cálculo estructural Cype 3D.

Palabras clave: Diseño estructural, edificio, estructura de acero, losas, apartamentos rurales.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

RESUM

En el present Treball de Fi de Grau es desenvoluparà el disseny i càlcul de l'estructura portant d'un edifici d'apartaments rurals de quatre altures situat a Segorbe (Castelló).

En l'actual projecte s'aplicaran una sèrie de coneixements adquirits al llarg de l'estudi del Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials en assignatures com Estructures, Tecnologia de la Construcció, Elasticitat i Resistència de Materials, Enginyeria Gràfica i Projectes.

S'inclou una memòria descriptiva de la solució adoptada i annexos de càlcul amb totes les comprovacions, tenint en compte la normativa recollida en el Codi Tècnic d'Edificació (CTE). També s'inclourà el pressupost i, finalment, els plànols.

Per a la realització de l'anàlisi i el dimensionament de l'estructura serà imprescindible l'ús del programa CYPE Ingenieros, emprant-se el mòdul Cype 3D.

Paraules clau: Disseny estructural, edifici, estructura d'acer, lloses, apartaments rurals

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

ABSTRACT

This Final Project of the Degree in Industrial Technology Engineering consists of the design and calculation of the load-bearing structure of a rural apartment building of four storeys, located in Segorbe (Castellón).

In the current project, the knowledge acquired throughout the study of the Degree in Industrial Technology Engineering in subjects such as Structures, Construction Technology, Elasticity and Strength of Materials, Graphic Engineering and Projects will be applied.

This project includes a description of the adopted solution and calculation annexes comprising all the verifications, taking into account the regulations contained in the Spanish design code "Código Técnico de la Edificación" (CTE). It will include the budget and, finally, the plans.

In order to carry out the analysis and definition of the structural elements, it will be essential to use the software CYPE Ingenieros, in particular using the Cype 3D structural calculation module.

Keywords: Structural design, building, steel structure, slabs, rural apartments.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

ÍNDICE

- 1. MEMORIA**
- 2. ANEXO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL**
- 3. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**
- 4. PLANOS**

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

1. MEMORIA

1. ANTECEDENTES

1.1 OBJETO DEL TRABAJO

1.2 ALCANCE

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.4 MOTIVACIÓN

2. EMPLAZAMIENTO DEL EDIFICIO

2.1 LOCALIZACIÓN

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA

2.3 FICHA URBANÍSTICA

2.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

3.1 SUPERFICIES Y VOLÚMENES

3.2 ESTUDIO FUNCIONAL

3.3 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

4.1 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

4.2 ESTRUCTURA

4.3 PLACAS DE ANCLAJE

4.4 CIMENTACIÓN

5. NORMATIVA DE APLICACIÓN

6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

7. BIBLIOGRAFÍA

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

2. ANEXO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

1.1 SOFTWARE EMPLEADO

1.2 MÉTODO DE CÁLCULO

2. MATERIALES

2.1 ACERO

2.2 HORMIGÓN

3. ACCIONES

3.1 BASES DE CÁLCULO

3.2 COMBINACIONES DE ACCIONES

3.3 ACCIONES PERMANENTES

3.4 ACCIONES VARIABLES

3.5 ACCIONES ACCIDENTALES

4. PREDIMENSIONADO DEL CANTO DEL FORJADO

5. PREDIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA

6. COMPROBACIONES ESTRUCTURALES

6.1 PILARES

6.2 VIGAS

6.3 ELEMENTOS DE ARRIOSTRAMIENTO

6.4 PLACAS DE ANCLAJE

6.5 CIMENTACIÓN

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

3. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1. CAPÍTULO 1: ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

2. CAPÍTULO 2: CIMENTACIONES

3. CAPÍTULO 3: ACERO

4. CAPÍTULO 4: SOLADO Y FORJADO

5. CAPÍTULO 5: FACHADAS

6. CAPÍTULO 6: CUBIERTA

7. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

8. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)

9. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

4. PLANOS

- 1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**
- 2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**
- 3. ALZADOS SECCIONADOS**
- 4. REPLANTEO**
- 5. FORJADO**
- 6. CIMENTACIÓN**
- 7. DETALLES ZAPATAS Y VIGA DE ATADO**
- 8. ESTRUCTURA 3D**
- 9. ESTRUCTURA METÁLICA. PLANTAS**
- 10. ESTRUCTURA METÁLICA. ALINEACIONES A, B Y C.**
- 11. ESTRUCTURA METÁLICA. ALINEACIONES 1 A 6.**

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

1. MEMORIA

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

1. MEMORIA

1. ANTECEDENTES

1.1 OBJETO DEL TRABAJO

El objeto del presente Trabajo de Fin de Grado es el diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de 188 m² situado en Segorbe (Castellón) que albergará apartamentos rurales.

En este trabajo se realizará el dimensionado de vigas y pilares de los pórticos del edificio y también el dimensionado del forjado, así como el cálculo de la cimentación y placas de anclaje.

1.2 ALCANCE

En el presente trabajo va a llevarse a cabo el cálculo de la estructura portante de un edificio bajo acciones permanentes y variables, excluyendo las accidentales (sismo, incendio e impacto).

Esto es debido a que la aplicación de la Norma de Construcción Sismorresistente [1] no es obligatoria en construcciones como la que es objeto de este trabajo.

Tampoco se estudiarán otros aspectos relacionados con los acabados e instalaciones, ya que no forma parte del objetivo principal del proyecto.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Debido a que el municipio de Segorbe se ha convertido en un foco importante de turismo de interior en la provincia, se ha decidido que el uso del edificio sea destinado a apartamentos.

El edificio de apartamentos se situará en la calle Obispo Canubio, una zona céntrica perteneciente al casco antiguo del municipio, ya que Segorbe es una ciudad de gran importancia histórica.

Además, dicha calle conecta el Ayuntamiento de Segorbe con el Parque de la Glorieta.

1.4 MOTIVACIÓN

Este Trabajo de Fin de Grado ha sido escogido debido al interés de la autora por la rama relacionada con la Construcción y los Materiales del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y para la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos en las asignaturas que se relacionan a continuación.

Para llevar a cabo el cálculo de todas las acciones sobre los pórticos del edificio y la verificación de los estados límites han sido necesarios conocimientos adquiridos en asignaturas del Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, como son Elasticidad y Resistencia de Materiales (Segundo curso), Estructuras (Tercer curso) y Tecnología de la Construcción (Cuarto curso).

Para realizar todos los planos necesarios se va a utilizar el software AutoCad, programa utilizado en asignaturas como Expresión Gráfica (Primer curso) e Ingeniería Gráfica (Cuarto Curso).

Para el cálculo del presupuesto final del proyecto serán necesarios los conocimientos adquiridos en la asignatura de Proyectos (Cuarto Curso).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Finalmente, la realización de este Trabajo de Fin de Grado es una condición para obtener el título de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales y así obtener acceso al Máster Universitario en Ingeniería Industrial.

2. EMPLAZAMIENTO DEL EDIFICIO

2.1 LOCALIZACION

El edificio que va a ser desarrollado durante el presente trabajo está ubicado en el municipio de Segorbe (Castellón). Se trata de un edificio de apartamentos rurales situado en la calle Obispo Canubio 13, una zona céntrica de Segorbe de fácil acceso y conexión con las principales vías del municipio, delimitado por 3 de sus lados.



Ilustración 1: Localización. Fuente: Google Maps

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA

La parcela elegida tiene una superficie de 335 m^2 y tiene una forma aproximadamente rectangular ($29,5\text{m} \times 11,33\text{m}$), mientras que el edificio a situar en la parcela posee una superficie de 188 m^2 ($19,4\text{m} \times 9,7\text{m}$).

Como puede observarse, la superficie del edificio es inferior a la de la parcela, esto es debido a que el edificio estará rodeado de un jardín, que tendrá su mayor parte de superficie a la entrada del edificio de apartamentos.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).



Ilustración 2: Emplazamiento. Fuente: Visor cartográfico del Catastro

2.3 FICHA URBANÍSTICA

Se presentan a continuación los retranqueos que se han definido para emplazar el edificio dentro de la parcela, así como la justificación del cumplimiento de las disposiciones establecidas por la normativa urbanística del municipio.

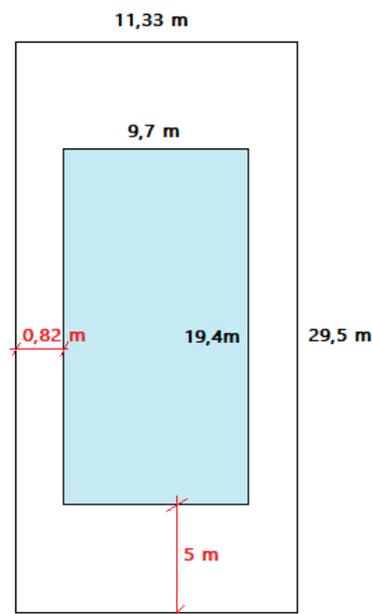


Ilustración 3: Emplazamiento del edificio dentro de la parcela con retranqueos

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

	MÁXIMO PERMITIDO	OBRA
ALTURA CORNISA	No establecido	10 m
SUPERFICIE OCUPADA	100%	56,12%
RETRANQUEOS	No establecido	5 m
VUELO	No establecido	0,96 m
NÚMERO DE PLANTAS	4 plantas	4 plantas

Tabla 1: Ficha urbanística

Como puede observarse, se cumplen los límites establecidos en la normativa urbanística de Segorbe. [2]

2.4 ESTUDIO GEOTÉCNICO

A falta de un estudio geotécnico propio, va a considerarse un valor de 0,2 MPa para la tensión máxima admisible en el terreno, basado en las características de terrenos próximos.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

3.1 SUPERFÍCIES Y VOLÚMENES

El edificio está formado por cuatro plantas de 188 m² de superficie cada una.

De la primera a la tercera planta se dispondrá de un balcón a cada lado de 9,7 metros con una superficie de 9,31 m². La cuarta planta se utilizará como azotea.

El cambio de una planta a otra se llevará a cabo mediante una escalera metálica que ocupará una superficie de 13,07 m².

Se dispondrá de un parking situado en la planta baja. En la primera, segunda y tercera planta estarán los apartamentos.

ESPACIO	SUPERFICIE (m ²)
APARTAMENTO 1	47,9
APARTAMENTO 2	47,9
ESCALERA	13,07
GARAJE	188
BALCONES	9,31

Tabla 2: Cuadro de superficies

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

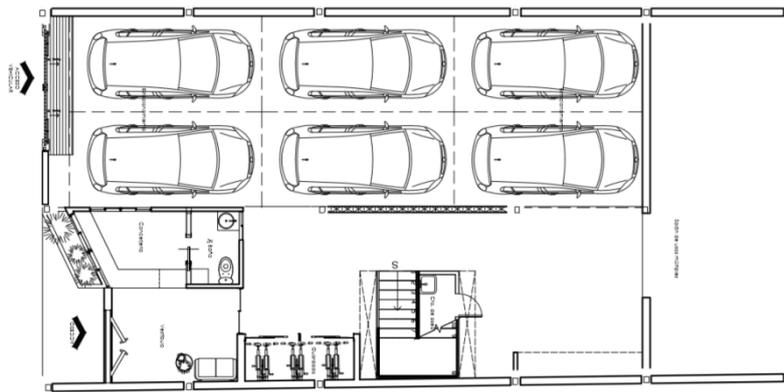


Ilustración 4: Distribución en planta de la planta baja (parking)

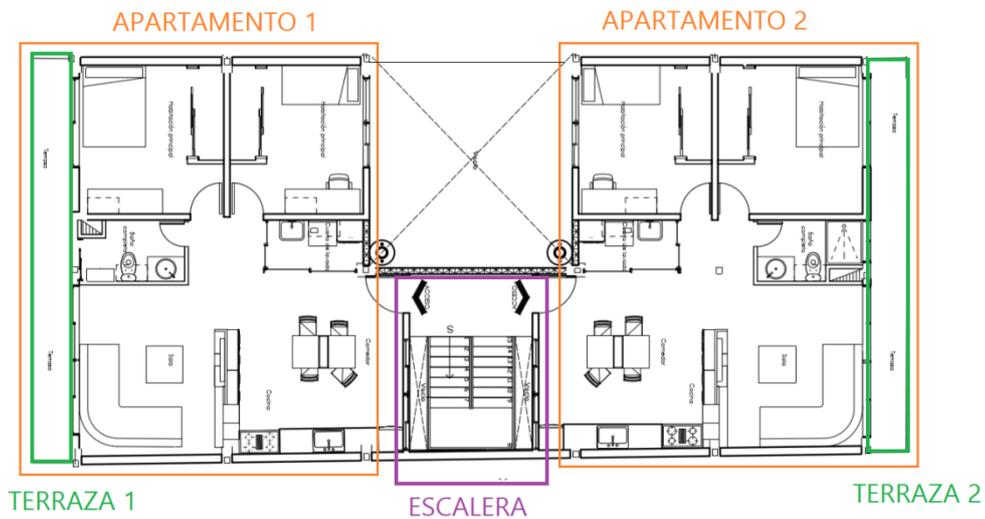


Ilustración 5: Distribución en planta de primera, segunda y tercera planta

3.2 ESTUDIO FUNCIONAL

El edificio desarrollado en el presente Trabajo de Fin de Grado se empleará para albergar apartamentos rurales.

Cada planta está dividida en dos estancias, una para cada apartamento. Es decir, habrá dos apartamentos por planta y unas escaleras situadas en la separación entre ambos apartamentos.

Cada apartamento está pensado para acomodar un máximo de cuatro o cinco personas ya que cada uno de ellos está formado por un baño, dos habitaciones y un salón-comedor. Cada apartamento tiene una terraza.

Finalmente se dispone de un jardín exterior y un parque.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

3.3 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

SOLADO

El solado que va a utilizarse es solado de baldosas de terrazo micrograno, color marfil, rejuntadas con lechada de cemento blanco.



Ilustración 6: Terrazo. Fuente: tehnossa.com/productos

CUBIERTA

La cubierta usada será cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo invertida, compuesta de arcilla expandida, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento con impermeabilización monocapa no adherida.



Ilustración 7 : Cubierta Plana. Fuente: fotos.habitissimo.es

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

ENLUCIDO

El enlucido que va a utilizarse es guarnecido y enlucido de yeso, sobre paramento vertical, con previa colocación de malla antiálcalis en cambios de material, con guardavivos.



Ilustración 8 : Guarnecido y enlucido de Yeso. Fuente: leccionesdesignprofdiezdelcorral.blogspot.com

TABIQUERÍA

Se utilizará tabique simple, tabique construido con ladrillo hueco cuyo espesor no es mayor de diez centímetros.



Ilustración 9: Tabiquería. Fuente: enriquealario.com/ladrillo-o-pladur

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

CERRAMIENTO DE FACHADA

Para el cerramiento de fachada serán necesarias tanto una hoja interior como exterior de ladrillo.

La hoja exterior en cerramiento de fachada será de fábrica de ladrillo cerámico cara vista perforado, color Salmón, acabado liso.

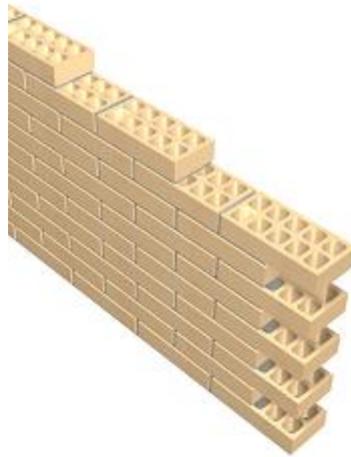


Ilustración 10: Hoja exterior de fachada. Fuente: generadordeprecios.info

Por su parte, la hoja interior del cerramiento de fachada se ejecutará a base de fábrica de ladrillo cerámico hueco sencillo de gran formato con panel aislante de poliestireno expandido incorporado.



Ilustración 11: Hoja interior de fachada. Fuente: generadordeprecios.info

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

4.1 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Para desarrollar el edificio serán necesarios 6 pórticos con una longitud total de 9,7 metros entre pilares extremos y una altura de 10 metros en total. Por lo tanto se dispondrá de 2,5 metros de altura por planta.

Cada pórtico estará formado por tres pilares separados entre ellos 5,25 y 4,45 metros.

La crujía entre pórticos será variable, siendo su máximo valor de 5,1 metros.

En lo sucesivo, el “pórtico de fachada frontal” hará referencia al pórtico de longitud 9,7 metros, mientras que el “pórtico de fachada lateral” hará referencia al pórtico de longitud 19,4 metros.

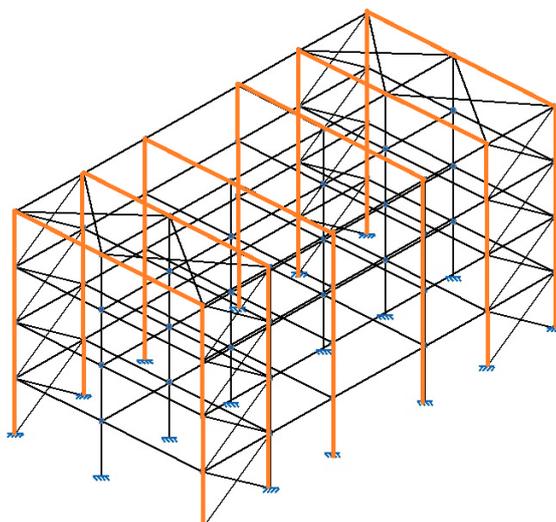


Ilustración 12: Representación gráfica del edificio formado por 6 pórticos

En los planos paralelos al pórtico de fachada frontal (principales), las uniones entre vigas y pilares serán rígidas, mientras que en los planos paralelos al pórtico de fachada lateral las uniones de todas las vigas (secundarias) a los pórticos principales serán articuladas. Todos los elementos estructurales se ejecutarán a base de perfiles de acero S275JR. Cabe destacar además que la escalera que comunica las distintas plantas será metálica.

Inicialmente se decide introducir arriostramientos únicamente en el pórtico de fachada lateral, sin incluirlos en la cubierta, pero lo que ocurrirá es que la estructura será muy inestable, por ello se procederá a insertar también arriostramientos en la cubierta, reduciéndose así considerablemente el grado de traslacionalidad del edificio.

Como elemento de cubrición en los forjados de planta, se emplearán losas alveolares pretensadas de hormigón armado.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Las losas mencionadas serán empleadas para el forjado debido a su rapidez de ejecución al tratarse de elementos prefabricados. Además poseen una gran capacidad para resistir elevadas sobrecargas con un canto reducido y cubrir luces intermedias.

4.2 ESTRUCTURA

FORJADO

Las losas utilizadas para el forjado son placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado de $16 + 5 \text{ cm}$ de canto y 120 cm de ancho, cuya elección se justificará con más detalle en el apartado 4 del Anexo de cálculo.

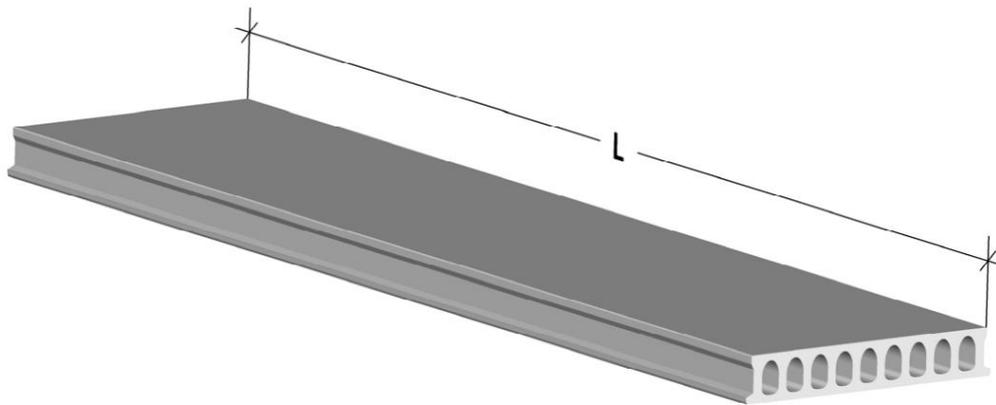


Ilustración 13: Losa alveolar LN-16. Fuente: Lufort

Para los pilares van a emplearse perfiles HEB ya que estos son capaces de soportar grandes esfuerzos de compresión con inercias compensadas en los dos ejes de flexión. Para las vigas se utilizarán perfiles IPE ya que así se conseguirá un mejor comportamiento frente a flexión en el plano del pórtico bajo cargas gravitatorias.

Finalmente, como elementos de arriostramiento se usarán perfiles en L, ya que estos elementos trabajarán fundamentalmente a tracción.

4.3 PLACAS DE ANCLAJE

Las placas de anclaje son el nexo de unión entre pilares y elementos de cimentación, se encargan de transmitir los esfuerzos al cimiento para que éste pueda resistirlos y canalizarlos al terreno.

La placa de anclaje empleada en el presente proyecto está formada por la placa base, los pernos y las cartelas de rigidez. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de placa base con pernos roscados y patillas en gancho a 90° .

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

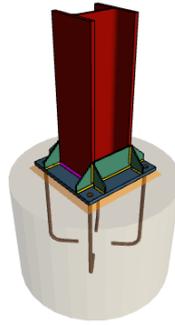


Ilustración 14: Placa de anclaje.

4.4 CIMENTACIÓN

Para las cimentaciones va a emplearse hormigón armado HA-25/B/30/IIa y también hormigón de limpieza HL-150/B/20, cuya finalidad es regularización de la base de las zapatas.

Las características de ambos tipos de hormigón se explicarán de forma más detallada en el apartado 2 del Anexo de cálculo.

A continuación se representan los tipos de zapatas utilizadas en el diseño del edificio y su colocación.

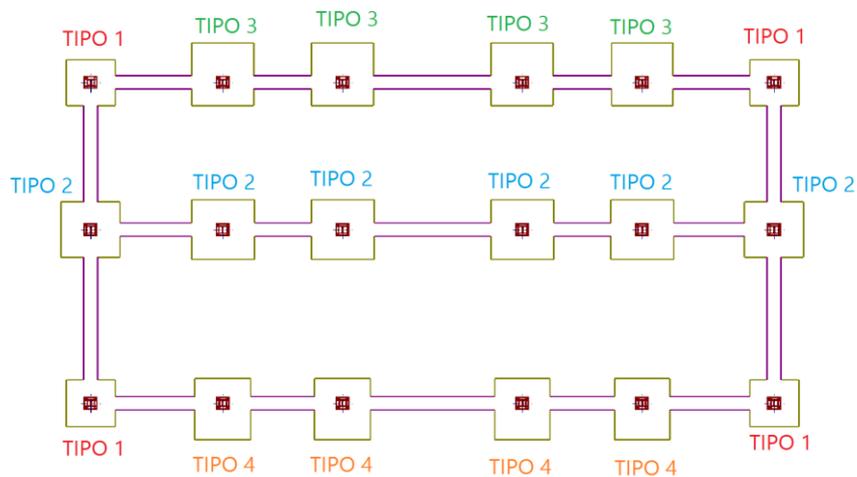


Ilustración 15: Distribución de los tipos de zapatas en la estructura

Como se puede observar en la ilustración anterior, se han utilizado 4 tipos de zapatas, empleándose únicamente zapatas cuadradas (tipo 1 y tipo 2) y zapatas rectangulares excéntricas para disminuir las acciones que favorecen al vuelco (tipo 3 y tipo 4)

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

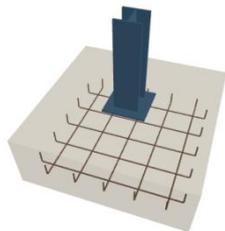


Ilustración 16: Zapata cuadrada

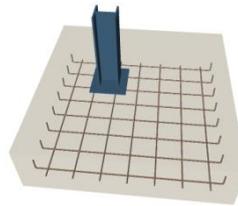


Ilustración 17: Zapata rectangular excéntrica

Se emplearán vigas de atado para unir las zapatas entre sí, lo cual contribuye a estabilizarlas ante el vuelco, centrando los esfuerzos que reciben.

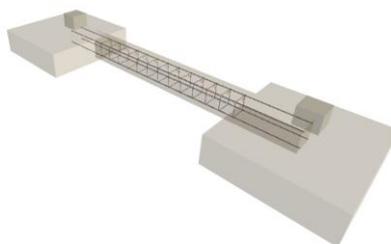


Ilustración 18: Viga de atado

5. NORMATIVA DE APLICACIÓN

El presente Trabajo de Fin de Grado va a guiarse por el conjunto de leyes y normas que forman parte del Código Técnico de la Edificación (CTE) [3] y que serán desarrolladas con mayor detalle en los siguientes apartados.

Según la LOE [4]: *“El Código Técnico de la Edificación, CTE, es el Marco normativo que establece y desarrolla las Exigencias Básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, y que permiten demostrar que se satisfacen los Requisitos Básicos de la edificación.”*

Según el Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE) [3]: *“Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural. La correcta aplicación del conjunto del DB supone que se satisface el requisito básico “Seguridad estructural”.*

Tanto el objetivo del requisito básico “Seguridad estructural”, como las exigencias básicas se establecen en el artículo 10 de la Parte I de este CTE y son los siguientes:

- *Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia*

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

- *Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles."*

Dentro del DB-SE[3] se encuentran otros documentos que van a regular la realización del presente trabajo. Dichos documentos se relacionan a continuación:

- DB-SE-AE. Acciones en la edificación: *"Su campo de aplicación es el de la determinación de las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural establecidos en el DB SE."*
- DB-SE-C. Cimientos: *"Su ámbito de aplicación es el de la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio, de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios"*
- DB-SE-A. Acero: *"Destinado a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación."*

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULOS Y PARTIDAS	TOTAL (€)
1. CAPÍTULO 1: ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	1.528,10
2. CAPÍTULO 2: CIMENTACIONES	10.810,31
3. CAPÍTULO 3: ACERO	48.197,18
4. CAPÍTULO 4: SOLADO Y FORJADO	73.980,53
5. CAPÍTULO 5: FACHADAS	47.107,08
6. CAPÍTULO 6: CUBIERTA	10.897,11
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	192.520,31
GASTOS GENERALES 13% (GG)	25.027,64
BENEFICIO INDUSTRIAL 6% (BI)	11.551,22
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	229.099,17
IVA 21%	48.110,83
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	277.210,00

Tabla 3: Resumen presupuesto

El presupuesto base de licitación asciende a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SETENTA Y SIETE MIL DOSCIENTOS DIEZ EUROS.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Normativa de Construcción Sismorresistente Española (NCSE-02).

Real Decreto 997/2002, 27 de septiembre.

[2] Normativa urbanística de Segorbe. Año aprobación: 1990.

[3] Código Técnico de la Edificación (CTE).

Real Decreto 314/2006, 17 de marzo.

[4] Ley de Ordenación de la Edificación (LOE).

Publicada en el Boletín Oficial del Estado el 4 de mayo de 2006.

[5] A. M. Reyes Rodríguez. Manual imprescindible de Cype 2010: cálculo de estructuras metálicas con Nuevo Metal 3D. Madrid: Anaya Multimedia, 2010.

[6] EHE-08 Instrucción de hormigón estructural.

Real Decreto 1247/2008, 18 de julio.

[7] J. M. Montalvá Subirats, A. Hospitaler Pérez, H. Saura Arnau y D. Hernández Figueirido.

Proyecto estructural de edificio industrial: "Diseño y cálculo de estructuras metálicas".

Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, 2014.

[8] EAE Instrucción de acero estructural.

Real Decreto 751/2011, 27 de mayo.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

2. ANEXO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

2. ANEXO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

1.1 SOFTWARE EMPLEADO

Los principales programas de cálculo utilizados a la hora de realizar el presente trabajo son Cype 3D (versión 2019) y Generador de Pórticos (versión 2019), ambos pertenecientes a la empresa CYPE Ingenieros. [5]

1.2 MÉTODO DE CÁLCULO

Cype 3D considera un comportamiento elástico y lineal de los materiales, las barras son elementos lineales.

Las cargas pueden establecerse en cualquier dirección y pueden introducirse cargas puntuales en los nudos.

Puede utilizarse cualquier tipo de apoyo: empotrado, articulado o vinculando alguno de sus grados de libertad.

Los estados límites y combinaciones para cada material y estado son los siguientes:

- E.L.U. rotura. Hormigón
- E.L.U. rotura. Hormigón en cimentaciones
- E.L.U. rotura. Acero Laminado y armado)
- Tensiones sobre el Terreno (Acciones características)
- Desplazamientos (Acciones características)

A partir de la geometría y cargas introducidas se obtiene la matriz de rigidez de la estructura y las matrices de cargas por hipótesis simples. Finalmente se obtendrá la matriz de desplazamientos de los nudos de la estructura y se calcularán las combinaciones para cada estado y los esfuerzos en cualquier sección.

2. MATERIALES

A la hora de seleccionar el acero y el hormigón, se deberá tener en cuenta que ambos materiales se emplean para las losas y para los pilares, vigas y escalera.

En lo que se refiere a las losas alveolares, los materiales son proporcionados por la empresa Lufort.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

2.1 ACERO

Para las vigas y pilares va a utilizarse acero laminado en caliente (S275), el cual presenta las siguientes características:

Características del acero S275JR	
Módulo de elasticidad E	210000 N/mm ²
Módulo de rigidez G	81000 N/mm ²
Coefficiente de Poisson ν	0,3
Coefficiente de dilatación térmica α	$1,2 \cdot 10^{-5} (\text{°C})^{-1}$
Densidad ρ	7850 kg/m ³

Tabla 4: Características del acero S275JR

El acero empleado para las losas alveolares es acero de pretensar Y1860C y presenta las siguientes características:

Características del acero Y1860C	
Límite elástico f_y	1860 N/mm ²
Alargamiento de rotura	3,5%

Tabla 5: Características del acero Y1860C

Finalmente, el acero empleado para las armaduras pasivas y para los pernos es el acero B500S.

Características del acero B500S	
Límite elástico R_e	500 N/mm ²
Carga unitaria de rotura R_m	550 N/mm ²
Alargamiento de rotura A_5	12 %

Tabla 6: Características del acero B500S

2.2 HORMIGÓN

Para las losas alveolares el hormigón utilizado es hormigón HP-40/S/12/Ila, el cual presenta las siguientes características:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Características del hormigón HP-40/S/12/Ila	
Resistencia a compresión fck	40 N/mm ²
Consistencia	Seca
Tamaño máximo del árido	12 mm

Tabla 7: Características del hormigón HP-40/S/12/Ila

Para el acondicionamiento del terreno se usará hormigón de limpieza HL-150/B/20, el cual presenta las siguientes características:

Características del hormigón Hormigón HL-150/B/20	
Densidad	150 kg/m ³
Consistencia	Blanda
Tamaño máximo del árido	20 mm

Tabla 8: Características del hormigón HL-150/B/20/Ila

A la hora de decidir el hormigón a utilizar para los elementos de cimentación se tendrá en cuenta la siguiente tabla de la EHE-08 [6] en función del ambiente al que va a estar expuesto. Teniendo en cuenta que la clase de exposición a considerar en la presente edificación es la Ila, se requerirá una resistencia mínima de 25 N/mm²:

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	Ila	Ilb	IIla	IIlb	IIlc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
resistencia Mínima (N/mm ²)	masa	20	-	-	-	-	-	-	30	30	35	30	30	30
	armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

Tabla 9: Resistencias mínimas recomendadas para el hormigón en función de los requisitos de durabilidad. Fuente: [3] Tabla 37.3.2.b

Por tanto, para los elementos de cimentación se utilizará hormigón HA-25/B/30/Ila con sus respectivas características:

Características del hormigón HA-25/B/30/Ila	
Resistencia a compresión fck	25 N/mm ²
Consistencia	Blanda
Tamaño máximo del árido	30 mm

Tabla 10: Características del hormigón HA-25/B/30/Ila

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

3. ACCIONES

Según el DB-SE DB SE-AE [3], en sus apartados 2, 3 y 4: "Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su variación en el tiempo en:

- *Acciones permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno) o no (como las acciones reológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.*
- *Acciones variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas.*
- *Acciones accidentales (A): Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión." Las acciones accidentales no se tienen en cuenta en este trabajo.*

3.1 BASES DE CÁLCULO

3.1.1. ESTADOS LÍMITE

El DB-SE [3] define, en el apartado 3.2, los estados límite de la siguiente manera:

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

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

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

3.1.1.1. E.L.U. RESISTENCIA Y E.L.U. PANDEO

Según el DB-SE[3], en el apartado 4.2. "Capacidad portante" , a la hora de llevar a cabo las verificaciones:

"1. Se considera que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio o de una parte independiente del mismo, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición.

$$E_{d,dst} \leq E_{d, stb}$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

siendo

- $E_{d,dst}$ valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras
- $E_{d,stab}$ valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

2. Se considera que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de un elemento estructural, sección, punto o de una unión entre elementos, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición.

$$E_d \leq R_d$$

siendo

- E_d valor de cálculo del efecto de las acciones
- R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente."

3.1.1.2. E.L.S. FLECHA Y DESPLOME

En lo que se refiere a las flechas, según el DB-SE[3], en el apartado 4.3. "Aptitud al servicio" se indica lo siguiente:

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

- 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
- 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
- 1/300 en el resto de los casos.

2. Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que 1/350.

3. Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que 1/300."

En lo que se refiere a los desplazamientos horizontales:

"1 Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor de:

- desplome total: 1/500 de la altura total del edificio;
- desplome local: 1/250 de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

2 Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo es menor que 1/250.

3 En general es suficiente que dichas condiciones se satisfagan en dos direcciones sensiblemente ortogonales en planta."

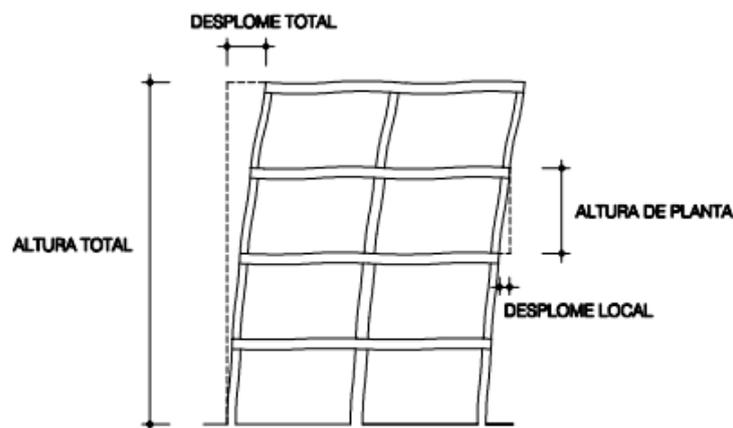


Figura 4.1 Desplomes

Ilustración 19: Desplomes. Fuente: CTE DB SE [3]

3.2 COMBINACIONES DE ACCIONES

3.2.1. E.L.U.

En lo que se refiere a la combinación de acciones, según el DB SE-AE[3], en su apartado 4.2. "Capacidad portante":

"El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (1)$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$)."

Los coeficientes de simultaneidad y los coeficientes parciales de seguridad se obtienen de las tablas proporcionadas a continuación:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 11: Coeficientes parciales de seguridad. Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla 4.1. [3]

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Tabla 12: Coeficientes de simultaneidad. Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla 4.2. [3]

3.2.2. E.I.S.

Según el DB-SE[3], en el apartado 4.3.Aptitud al servicio: "Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto.

Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

- Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (2)$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_0 \cdot Q_k$).

- Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar reversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado frecuente, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3)$$

considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- una acción variable cualquiera, en valor frecuente ($\psi_1 \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- el resto de las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 \cdot Q_k$).

- Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4)$$

siendo:

- todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- todas las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 Q_k$)

3.3 ACCIONES PERMANENTES

En el DB SE-AE [3], en el apartado 2.1.Peso propio, podemos encontrar los dos puntos siguientes relacionados con el peso propio:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

" 1. El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo.

2. El valor característico del peso propio de los elementos constructivos, se determinará, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios. En el Anejo C se incluyen los pesos de materiales, productos y elementos constructivos típicos."

A continuación van a seleccionarse los elementos que luego serán empleados para la realización de cálculo:

SOLADO

El solado que va a utilizarse es "Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor" con 0,80 kN/m² de peso. Este solado ha sido seleccionado a partir de la Tabla C.3 del DB SE-AE:

Materiales y elementos	Peso kN/m²	Materiales y elementos	Peso kN/m²
Baldosa hidráulica o cerámica (incluyendo material de agarre)		Linóleo o loseta de goma y mortero	
0,03 m de espesor total	0,50	20 mm de espesor total	0,50
0,05 m de espesor total	0,80	Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles	0,40
0,07 m de espesor total	1,10	Tarima de 20 mm de espesor rastreles recibidos con yeso	0,30
Corcho aglomerado tarima de 20 mm y rastrel	0,40	Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80

Tabla 13: Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación. Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla C.3. [3]

Para la azotea el valor del peso de la cubierta sobre el forjado se obtiene a partir de la Tabla C.5 del DB SE-AE. La cubierta elegida es "Cubierta plana, recreado, con impermeabilización vista protegida" con una carga de 1,5kN/m²:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Elemento	Peso
Forjados	kN / m ²
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m ²
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldañado; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
Rellenos	kN / m ³
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardineras, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

Tabla 14: Peso propio de elementos constructivos. Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla C.5. [3]

ENLUCIDO

El enlucido que va a utilizarse es “Guarnecido y enlucido de yeso” con un peso de 0,15 kN/m², seleccionado a partir de la Tabla C.4 del DB SE-AE:

Tabiques (sin revestir)	Peso kN/m ²	Revestimientos (por cara)	Peso kN/m ²
Rasilla, 30 mm de espesor	0,40	Enfoscado o revoco de cemento	0,20
Ladrillo hueco, 45 mm de espesor	0,60	Revoco de cal, estuco	0,15
de 90 mm de espesor	1,00	Guarnecido y enlucido de yeso	0,15

Tabla 15: Peso por unidad de superficie de tabiques. Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla C.4. [3]

TABIQUERÍA

En el DB SE-AE [3] podemos encontrar el siguiente punto relacionado con el peso propio:

“En el caso de tabiques ordinarios cuyo peso por metro cuadrado no sea superior a 1,2 kN/m² y cuya distribución en planta sea sensiblemente homogénea, su peso propio podrá asimilarse a una carga equivalente uniformemente distribuida. Como valor de dicha carga equivalente se podrá adoptar el valor del peso por metro cuadrado de alzado multiplicado por la razón entre la superficie de tabiquería y la de la planta considerada. En el caso de tabiquería más pesada, ésta podrá asimilarse al mismo valor de carga equivalente uniforme citado más un incremento local, de valor igual al exceso de peso del tabique respecto a 1,2 kN por m² de alzado. En general, en

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

viviendas bastará considerar como peso propio de la tabiquería una carga de $1,0 \text{ kN}$ por cada m^2 de superficie construida."

Como el proyecto que va a llevarse a cabo trata de un edificio de apartamentos rurales, asimilable a un uso como vivienda, la carga de tabiquería utilizada va a ser de $1,0 \text{ kN/m}^2$.

FORJADO

Las losas utilizadas para el forjado del edificio son "losas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado", fabricadas por la empresa Lufort, cuya elección se justificará más adelante. . Serán losas tipo $(16 + 5) \times 120$ con un peso de $3,75 \text{ kN/m}^2$.

CERRAMIENTOS Y ANTEPECHOS

En el anejo C del DB SE-AE[3] encontramos la siguiente afirmación: *"En el caso de edificios de viviendas (u oficinas), con una altura entre plantas de hasta 3 m, y con soluciones constructivas usuales, se pueden considerar unos pesos, del lado de la seguridad, de:*

Cerramientos: 8 kN/m

Antepechos: 4 kN/m "

La carga lineal del cerramiento se aplicará únicamente a la primera, segunda y tercera planta, ya que soportan más peso que la cuarta planta, cuyo uso es de cubierta.

La carga lineal aplicada en la cubierta será la del antepecho debido a la existencia de un muro de poca altura.

Finalmente, las cargas totales serán las siguientes:

CARGAS SUPERFICIALES:

Primera, segunda y tercera planta: solado + enlucido + tabiquería + forjado = $5,7 \text{ kN/m}^2$

Azotea: cubierta + forjado = $5,25 \text{ kN/m}^2$

Escalera: Se añadirá un 20% del peso del solado ($0,8 \text{ kN/m}^2$) para considerar la perfilería metálica del peldañado y se empleará en las mesetas una losa de menor canto que la utilizada para el forjado del edificio. Se usará en este caso chapa grecada con capa de hormigón con un peso de 2 kN/m^2 .

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Elemento	Peso
Forjados	kN / m^2
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m^2
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldañeado; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m^2
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
Rellenos	kN / m^3
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardineras, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

Tabla 16: Peso propio de elementos constructivos. Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla C.5. [3]

CARGAS LINEALES:

Cerramientos: 8 kN/m

Antepechos: 4 kN/m

Los balcones volados tendrán una sobrecarga lineal actuando en sus bordes de 1 kN/m debido a la barandilla.

Por lo tanto, se va a aplicar una carga lineal en la viga sobre la que apoya el balcón de: $1 \text{ kN/m} + 5,7 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,96 \text{ m} = 6,47 \text{ kN/m}$

También se aplicará una carga puntual extra en cada extremo de $1 \text{ kN/m} \cdot 0,96 \text{ m} = 0,96 \text{ kN}$



Ilustración 20: Representación gráfica del balcón con la carga de la barandilla

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

3.4 ACCIONES VARIABLES

SOBRECARGA DE USO

Según el DB SE-AE [3], en el apartado 3.1. "Sobrecarga de uso" : "La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.

Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. De acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona del mismo, como valores característicos se adoptarán los de la Tabla 3.1. Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, contenido de los conductos, maquinaria y en su caso vehículos, así como las derivadas de la utilización poco habitual, como acumulación de personas, o de mobiliario con ocasión de un traslado."

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 17: Valores característicos de las sobrecargas de uso. Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla 3.1. [3]

En las zonas de acceso y evacuación de los edificios de las zonas de categorías A y B, tales como portales, mesetas y escaleras, se incrementará el valor correspondiente a la zona servida en 1 kN/m².

Para su comprobación local, los balcones volados de toda clase de edificios se calcularán con la sobrecarga de uso correspondiente a la categoría de uso con la que se comunique, más una sobrecarga lineal actuando en sus bordes de 2 kN/m."

Para la primera, segunda y tercera plantas se empleará una carga de uso de 2kN/m² (A1) ya que el edificio de apartamentos rurales pertenece a la categoría de uso característica de zonas residenciales: "Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles" .

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Para la azotea se empleará una carga de uso de 1 kN/m^2 (G1) ya que la cubierta es únicamente accesible para conservación y es una cubierta ligera con inclinación inferior a 20° .

Finalmente, las cargas totales serán las siguientes:

CARGAS SUPERFICIALES:

Primera, segunda y tercera planta: 2 kN/m^2

Azotea: 1 kN/m^2

Escalera: $2 \text{ kN/m}^2 + 1 \text{ kN/m}^2 = 3 \text{ kN/m}^2$

CARGAS LINEALES:



Ilustración 21: : Representación gráfica del balcón con la carga lineal en sus bordes establecida por la norma

Se va a aplicar una carga lineal en la zona donde apoya el balcón de: $0,96 \text{ m} \cdot 2 \text{ kN/m}^2 + 2 \text{ kN/m} = 3,92 \text{ kN/m}$.

También se aplicará una carga puntual en cada extremo de $2 \text{ kN/m} \cdot 0,96 \text{ m} = 1,92 \text{ kN}$

NIEVE

Según el DB SE-AE[3], en el apartado 3.5.Nieve: "Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k \quad (5)$$

siendo:

- μ coeficiente de forma de la cubierta
- s_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal "

Obteniendo el valor de s_k de la tabla siguiente:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²	Capital	Altitud m	s _k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,7
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,2
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,9
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,4
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,2
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	950	0,9
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	550	0,5
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,2
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia/València	690	0,4
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	520	0,7
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,4
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,5
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,2
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla		

Tabla 18: Sobrecarga de nieve en capitales de provincias y ciudades autónomas. Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla 3.8. [3]

De donde $s_k = 0,2 \text{ kN/m}^2$ ya que nos encontramos en la provincia de Castellón.

Para obtener el valor del coeficiente de forma de la cubierta se debe tener en cuenta la siguiente afirmación proporcionada por el DB SE-AE[3]:

"En un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas, y en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, el coeficiente de forma tiene el valor de 1 para cubiertas con inclinación menor o igual que 30° y 0 para cubiertas con inclinación de mayor o igual que 60° (para valores intermedios se interpolará linealmente). Si hay impedimento, se tomará $\mu = 1$ sea cual sea la inclinación."

Como la cubierta tiene una inclinación de 0°, se tomará $\mu = 1$.

Por lo tanto, la carga de nieve aplicada en la azotea será la siguiente:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

VIENTO

Según el DB SE-AE [3], en el apartado 3.3 Viento: *"La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e puede expresarse como:*

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (6)$$

siendo:

- q_b la presión dinámica del viento.
El valor básico de la presión dinámica es, respectivamente de 0,42 kN/m², 0,45 kN/m² y 0,52 kN/m² para las zonas A, B y C de dicho mapa.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).



Ilustración 22: Velocidad básica del viento. Fuente: CTE DB SE-AE. [3]

- c_e el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción
- c_p el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. "

Segorbe forma parte de la zona A del mapa, por lo tanto, $q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$.

Para obtener el valor del coeficiente de exposición se utilizará la tabla mostrada a continuación:

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 19: Valores del coeficiente de exposición c_e . Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla 3.4. [3]

La altura a la que está situada la azotea es de 10 metros y el grado de aspereza es de IV ya que el edificio está situado en una zona urbana, interpolando se obtiene un valor de $c_e = 1,767$.

Para obtener el valor del coeficiente eólico se empleará la tabla siguiente:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coefficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coefficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Tabla 20: Valores del coeficiente eólico en edificios de pisos. Fuente: CTE DB SE-AE, Tabla 3.5. [3]

La esbeltez del edificio se calcula como h/L , siendo h la altura total del edificio y L la longitud de la fachada.

Esbeltez fachada frontal = $10/9,7 = 1,03 \rightarrow c_p = 0,8$

Esbeltez fachada lateral = $10/19,4 = 0,52 \rightarrow c_p = 0,7$

Finalmente, las cargas provocadas por el viento serán las siguientes:

$$q_{\text{fachada frontal}} = 0,42 \cdot 1,767 \cdot 0,8 = 0,59 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{fachada lateral}} = 0,42 \cdot 1,767 \cdot 0,7 = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

3.5 ACCIONES ACCIDENTALES

SISMO

Según la NCSE-02 (Norma de Construcción Sismorresistente Española)[1]: " *La aplicación de la Norma no es obligatoria en las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,08g.*"

Según la siguiente imagen extraída de la NCSE-02, se observa que en Segorbe (Castellón) la aceleración sísmica básica $a_b < 0,04g$, por lo tanto no se deberá tener en cuenta el efecto sísmico.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

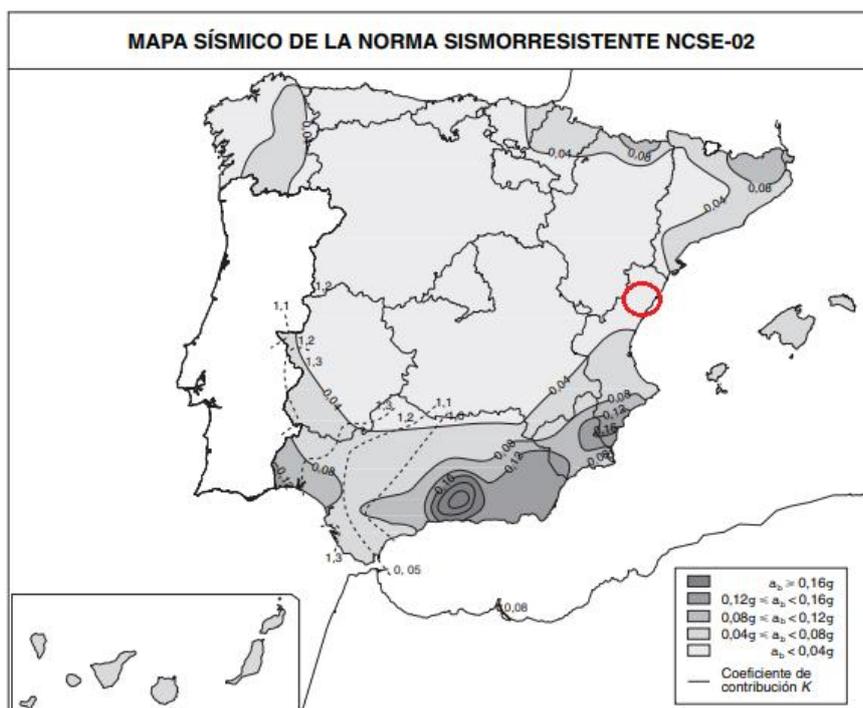


Ilustración 23: Mapa de peligrosidad Sísmica. Fuente: NCSE-02 [1]

INCENDIO

Según el DB SI[3] en el apartado 3: "Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura"

Dicha tabla se muestra a continuación:

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

Tabla 21: Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales. Fuente: CTE DB SI, Tabla 3.1. [3]

El edificio que se está diseñando en este proyecto se caracteriza por un uso residencial público cuya altura máxima de evacuación es de 10 metros, por lo que el tiempo en minutos de resistencia requerida ante la acción del fuego sería de 60 minutos.

No obstante, no se comprobará dicha exigencia, por quedar fuera del alcance de este proyecto.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

4. PREDIMENSIONADO DEL CANTO DEL FORJADO

Las losas utilizadas para el forjado del edificio son "losas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado", fabricadas por la empresa Lufort.

Empezaremos a dimensionar con la losa alveolar LN-16 de Lufort, cuyas características se muestran a continuación:

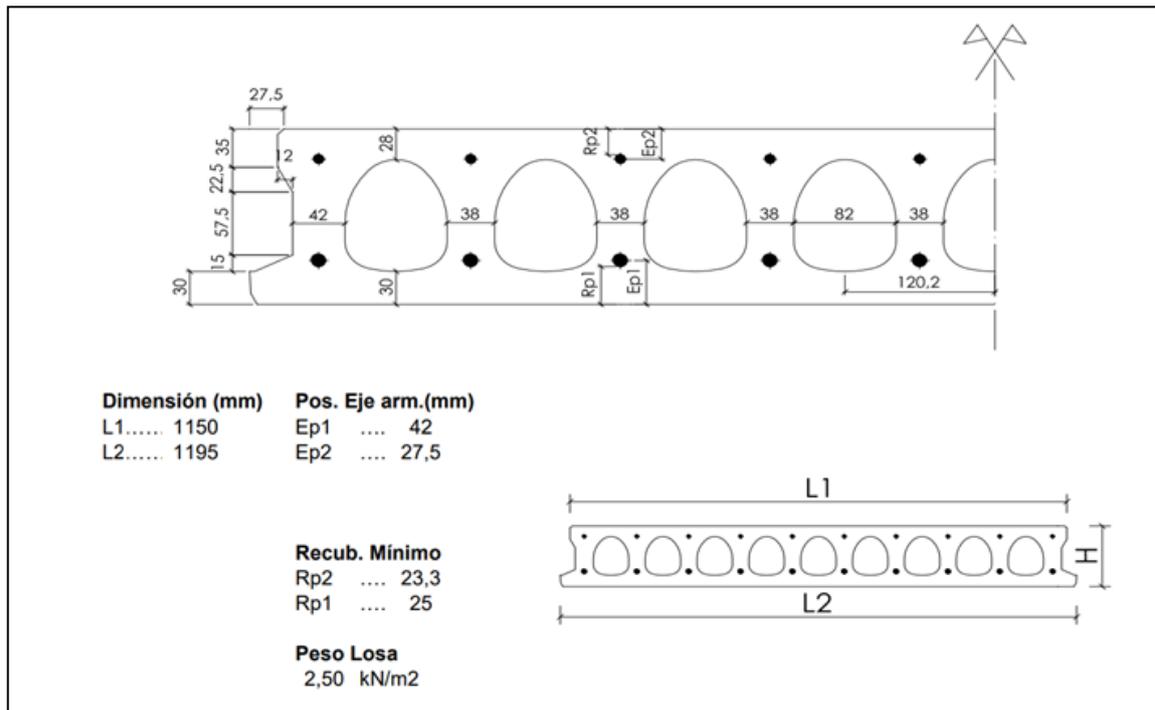


Ilustración 24: Losa alveolar LN-16. Fuente: Lufort

A continuación, se comprueba si la losa seleccionada cumple con las condiciones referidas a cantos mínimos proporcionadas por el capítulo 6 de la EHE-08[6].

Se va a disponer de una capa de compresión de 5 cm, por lo que el peso de la losa aumenta a 3,75 kN/m².

TIPO DE FORJADO	Masa (Kg/m ²)
16+0	250
16+5	375
16+8	450
16+10	500

Tabla 22: Características técnicas losa alveolar LN-16. Fuente: Lufort

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Sumando el peso de la losa (3,75 kN/m²), el peso de la tabiquería (1kN/m²), el peso del solado (0,8kN/m²) y el peso del enlucido (0,15kN/m²), obtenemos carga permanente total sobre la losa de G=5,7 kN/m².

La longitud del vano de mayor luz es L=5,25 m.

Según el capítulo 6 de la EHE [6]: "En el caso particular de forjados de viguetas con luces menores que 7 m y de forjados de losas alveolares pretensadas con luces menores que 12 m, y sobrecargas no mayores que 4 kN/m², no es preciso comprobar si la flecha cumple con las limitaciones de 50.1, si el canto total h es mayor que el mínimo hmín dado por:

$$h_{mín} = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot L / C \quad (7)$$

siendo:

δ_1 factor que depende de la carga total y que tiene el valor de $(q/7)^{1/2}$, siendo q la carga total, en kN/m²;

δ_2 factor que tiene el valor de $(L/6)^{1/4}$;

L la luz de cálculo del forjado, en m;

C coeficiente cuyo valor se toma de la Tabla 50.2.2.1.b:"

Coeficientes C				
Tipo de forjado	Tipo de carga	Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Viguetas armadas	Con tabiques o muros	17	21	24
	Cubiertas	20	24	27
Viguetas pretensadas	Con tabiques o muros	19	23	26
	Cubiertas	22	26	29
Losas alveolares pretensadas (*)	Con tabiques o muros	36	-	-
	Cubiertas	45	-	-

(*) Piezas pretensadas proyectadas de forma que, para la combinación poco frecuente no llegue a superarse el momento de fisuración

Tabla 23: Coeficientes C. Fuente: EHE, Tabla 50.2.2.1.b [6]

Se empleará para realizar esta comprobación la combinación de acciones característica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (8)$$

En particular, para los forjados de primera a tercera planta:

$$q = 1 \cdot G + 1 \cdot Q = 5,7 + 2 = 7,7 \text{ kN/m}^2$$

$$\delta_1 = (q/7)^{1/2} = 1,04$$

$$\delta_2 = (L/6)^{1/4} = 1,06$$

C = 36, valor extraído de la tabla 23, referido a losas alveolares pretensadas con tabiques o muros.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

$$h_{\min} = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot L / C = 0,16 \text{ m} < h = 0,16 + 0,05 = 0,21 \text{ m (Canto de la losa LN 16)}.$$

Por lo que la losa seleccionada cumple la condición de cantos mínimos.

Además, se debe calcular también el momento máximo que soporta dicha losa.

Utilizaremos la combinación propia de Situaciones Persistentes o Transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (9)$$

Escogiendo los coeficientes parciales de seguridad (γ) más desfavorables de la Tabla 4.1 del DB SE y los coeficientes de simultaneidad (ψ) de la Tabla 4.2 del DB SE obtenemos la combinación de cargas más desfavorable para la primera, segunda y tercera planta.

Teniendo en cuenta que para la siguiente comprobación $\gamma_G = 1,35$, $\gamma_Q = 1,5$, la carga que soportan las losas es de:

$$q = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q = 1,35 \cdot 5,7 + 1,5 \cdot 2 = 10,7 \text{ kN/m}^2$$

El ancho de la losa es de 1,195 m.

Por lo tanto, la carga lineal que soporta cada losa es la siguiente: $q = 10,7 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,195 \text{ m} = 12,87 \text{ kN/m}$.

Y el momento máximo en centro de vano al ser la viga biapoyada es de:

$$M_{\max} = q \cdot L^2 / 8 = 12,87 \cdot 5,25^2 / 8 = 44 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{\max} = 44 \text{ kN}\cdot\text{m}$ debe ser menor que M_u .

Por esta razón, utilizando la tabla siguiente, el momento seleccionado es $M_u = 53,2 \cdot 1,195 = 63,574 \text{ kN}\cdot\text{m}$, superior al momento máximo en centro de vano.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

		FLEXION POSITIVA (1)																
TIPO FORJADO	TIPO DE LOSA	Módulo resistente Winf(cm ³ /m)	Mu (m.KN/m)	β (*)	Rigidez (m ² .MNm)		M Límite de servicio(3) (m.KN/m)					Vu2(KN/m) (2)				ξ (**)	Rasante (KN/m)	
					Bruta Eib	Fisurada Eif	Mo	Mo'	Mf	Mo,2	Md>Mfis,d		Md<Mfis,d		Longitud entrega			
											Mfis,d (m.KN /m)	Vu2	X1=50mm Va*	X1=100 mm Vu2*	Va*			Vu2*
(16+0)X120	1	3819	27,46	1,00	9,4	1,0	13,02	20,92	26,42	31,45	19,27	46,54	69	78,39	86	83,23	1	-
	2	3831	35,96	1,00	9,4	1,1	17,40	27,46	30,85	37,25	23,68	49,66	74	80,18	112	85,53	1	-
	3	3843	44,43	1,00	9,4	1,1	21,68	33,86	35,17	42,95	27,98	52,67	83	81,77	125	87,58	1	-
	4	3858	53,78	1,00	9,4	1,2	24,65	40,76	38,18	48,73	30,96	58,46	91	84,69	139	91,25	1	-
	5	3881	70,41	1,00	9,5	1,3	33,16	53,56	46,78	60,09	39,52	64,34	109	87,14	164	94,34	1	-
(16+5)X120	1	5970	41,01	2,17	20,4	2,44	20,34	25,44	41,29	47,88	30,11	60,96	87	97,66	119	102,18	1,3	98
	2	5992	53,20	2,17	20,4	2,61	27,23	33,42	48,26	56,67	37,04	64,07	94	99,73	135	104,74	1,3	98
	3	6014	65,28	2,17	20,5	2,78	33,94	41,19	55,04	65,27	43,79	67,07	105	101,59	151	107,03	1,3	98
	4	6035	81,72	2,17	20,5	2,88	38,54	49,60	59,72	73,56	48,42	72,82	117	104,67	167	110,84	1,3	98
	5	6078	105,5	2,17	20,6	3,20	51,92	65,15	73,24	90,71	61,87	78,77	139	107,58	198	114,38	1,3	98

Tabla 24: Características mecánicas de las losas LN-16. Fuente: Lufort

La losa LN 16 tipo 2 con 5 cm de capa de compresión cumple todas las comprobaciones, por lo tanto podemos utilizarla. Sus características son las siguientes:

Tipo de forjado: (16 + 5)x120

Tipo de losa: 2

Módulo resistente: 5992 cm³/m

Peso de losa: 3,75 kN/m²

Finalmente, comprobamos que dicha losa puede utilizarse también en la azotea:

Sumando el peso de la losa (3,75 kN/m²) y el peso de la cubierta (1,5 kN/m²) y obtenemos la carga permanente total sobre la azotea de G=5,25 kN/m².

$$q=5,25+1=6,25$$

$$\delta_1=(q/7)^{1/2}=1,04$$

$$\delta_2=(L/6)^{1/4}=1,06$$

$$C=36$$

$$h_{\min} = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot L / C = 0,14 \text{ m} < h = 0,21 \text{ m}.$$

Además, se debe calcular también el momento máximo que soporta dicha losa.

La carga que soportan las losas es de:

$$q=1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q = 1,35 \cdot 5,25 + 1,5 \cdot 1 + 0,75 \cdot 1 = 8,58 \text{ kN/m}^2$$

El ancho de las losas es de 1,195 m.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Por lo tanto, la carga lineal que soporta cada losa es la siguiente: $q=8,58 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,195\text{m}=10,25 \text{ kN/m}$

$$M_{\max}=q \cdot L^2/8=10,25 \cdot 5,25^2/8=35,32 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$M_{\max}= 35,32 \text{ kN/m}$, menor que M_u .

Por tanto, la losa seleccionada también es válida para el forjado de la azotea.

5. PREDIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA

Antes de comenzar con el dimensionado de la estructura, será necesario llevar a cabo un predimensionado de vigas y pilares.

Como aproximación inicial se establecerá un valor de $\beta = 1$ e iguales inercias tanto en vigas como pilares.

Se parte del condicionamiento de esbeltez máxima <2 para elementos principales, según el CTE[3].

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{\text{lim}}} \quad \bar{\lambda}_{\max} < 2 \quad \rightarrow \quad i_{\min} > \frac{l_k}{2 \cdot \lambda_{\text{lim}}} \quad (9)$$
$$\lambda = \frac{Lk}{i} = \frac{\beta \cdot L}{i}$$

Con:

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{f_y}}$$

$$\lambda_{\text{lim}} = 86,815$$

A continuación se iniciará un proceso iterativo de cálculo para finalmente seleccionar los perfiles definitivos para cada pilar y cada viga, siendo necesario un aumento del tamaño de los perfiles para finalmente conseguir que cada pilar y cada viga cumpla con las comprobaciones correspondientes a los distintos estados límite últimos y de servicio (resistencia, estabilidad y deformaciones).

Para llevar a cabo el dimensionado de la estructura, se muestra a continuación una representación que hace referencia a las distintas alineaciones de pilares vistas en planta y la disposición de los perfiles referenciados a los ejes.

El plano de "fachada frontal" hace referencia a las alineaciones 1 y 6. El plano de "fachada lateral" hace referencia a las alineaciones A y C.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

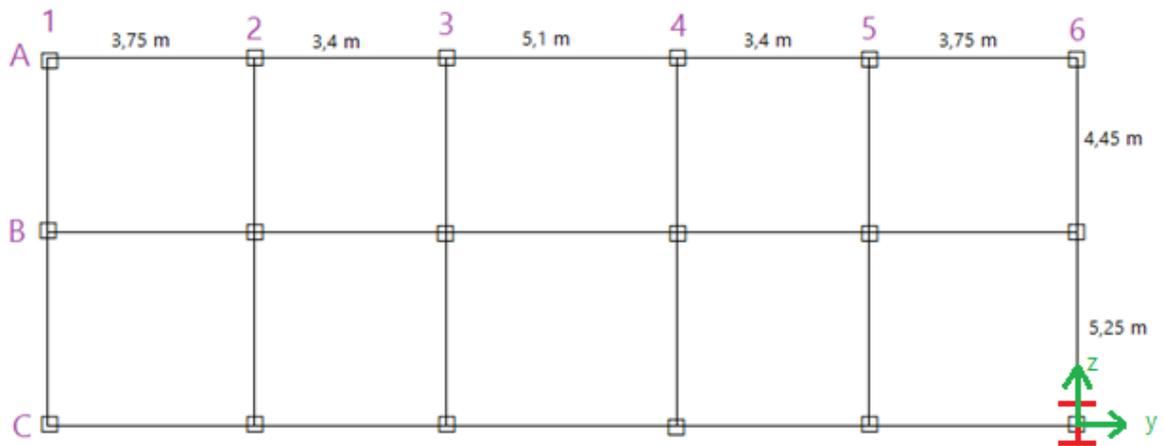


Ilustración 25: Representación gráfica plantas del edificio con pilares

6. COMPROBACIONES ESTRUCTURALES

6.1 PILARES

6.1.1. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO. DESPLOME.

A la hora de comprobar el E.L.S. en los pilares, se considerarán los desplazamientos horizontales, es decir, el desplome.

Cype únicamente realiza la comprobación del cumplimiento del desplome global. Por lo tanto se va a proceder a la realización del cálculo del desplome local del pilar más desfavorable (N4-N73) y así confirmar el cumplimiento del E.L.S.

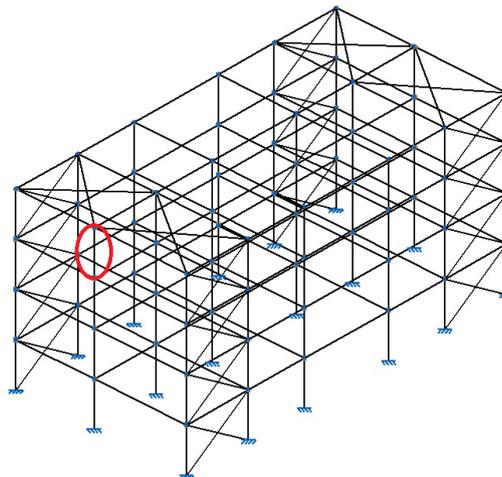


Ilustración 26: Pilar con mayor desplome

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

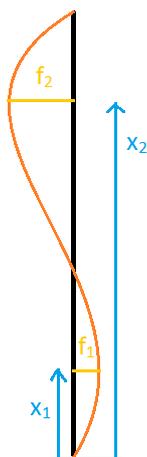


Ilustración 27: Representación gráfica cálculo desplome

$$f_r = \frac{|f_2 - f_1|}{|x_2 - x_1|} = \frac{|-0,004 - 0,015|}{2500} = \frac{19}{2500000} < \frac{1}{250}$$

Por lo tanto, se cumple el E.L.S. en pilares.

6.1.2. ESTADO LÍMITE ÚLTIMO. PANDEO

A la hora de analizar el pandeo de los pilares, se hablará de pandeo en el plano XZ (Plano paralelo al pórtico de fachada frontal) y pandeo en el plano XY (Plano paralelo al pórtico de fachada lateral).

PLANO XY

En el plano paralelo al pórtico de fachada lateral, donde las uniones de las vigas a los pilares son articuladas, el coeficiente β de pandeo correspondiente a cada tramo de pilar se obtendrá a partir de la siguiente ilustración obtenida del libro Tecnología de la Construcción [7], donde pueden observarse las formas canónicas de pandeo en función de las condiciones de contorno:

Biempotrada $\eta_1 = \eta_2 = 0$ $\beta(0,0,0) = 0.5$	Apoyada-empotrada $\eta_1 = 1 \eta_2 = 0$ $\beta(1,0,0) = 0.7$	Biapoyada $\eta_1 = \eta_2 = 1$ $\beta(1,1,0) = 1$	Biempotrada $\eta_1 = \eta_2 = 0$ $\beta(0,0,1) = 1$	Empotrada-Libre $\eta_1 = 1 \eta_2 = 0$ $\beta(1,0,1) = 2$
Sin posibilidad de desplazamiento de los apoyos GT=0			Con posibilidad de desplazamiento de uno de los apoyos GT=1	

Tabla 25: Pandeo pilares. Fuente: Libro Tecnología de la construcción [7]

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Inicialmente se decide introducir arriostramientos únicamente en el pórtico de fachada lateral, sin incluir arriostramientos en la cubierta, pero lo que va a ocurrir es que el β correspondiente a cada uno de los pilares de la alineación B será de 2 en toda su longitud (10 metros), debido a que la barra está empotrada-libre siendo el nudo superior traslacional. Este es un β excesivamente elevado y lo que va a ocurrir es que ninguna barra cumplirá con las especificaciones de resistencia y flecha. Por ello se procederá a insertar también arriostramientos en la cubierta, a fin de hacer que el nudo de cubierta sea intraslacional.

El β correspondiente a cada uno de los pilares de la alineación B se reducirá de este modo de 2 a 0,7 en toda su longitud (10 metros) debido a los arriostramientos introducidos en la cubierta y a que las vigas que los unen con los otros pilares en ese mismo plano están articuladas en sus extremos.

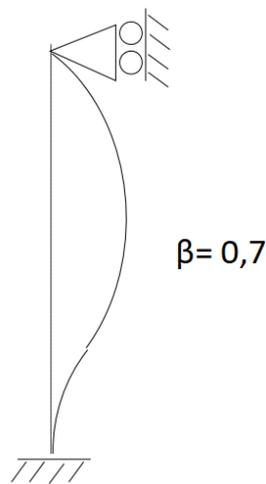


Ilustración 28: Representación gráfica pandeo pilar interior plano XY

Por su parte, el coeficiente β correspondiente a cada uno de los pilares situados en las alineaciones A y C será distinto para cada tramo.

Cada pilar está dividido en cuatro tramos de 2,5 metros. Debido a los arriostramientos laterales, el tramo inferior tendrá un β de 0,7 ya que esta barra está empotrada-articulada. Los tres tramos superiores tendrán un β de 1 debido a que la barra es biarticulada sin posibilidad de traslación.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

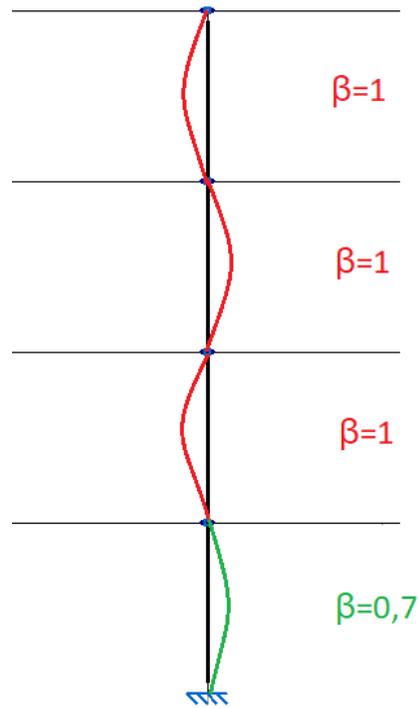


Ilustración 29: Representación gráfica pandeo pilar de fachada lateral plano XY

PLANO XZ

En los planos paralelos al pórtico de fachada frontal, donde las uniones viga-pilar son rígidas, el β de pandeo correspondiente a cada tramo de pilar se obtendrá según el DB SE-A[3]:

"La longitud de pandeo de un tramo de pilar unido rigidamente a las demás piezas de un pórtico traslacional en cuyo análisis no se hayan contemplado los efectos de segundo orden puede obtenerse del cociente:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \eta_2}} \geq 1 \quad (10)$$

Los coeficientes de distribución η_1 y η_2 anteriores se obtienen de:

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}} \quad (11)$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}}$$

siendo

K_c coeficiente de rigidez EI/L del tramo de pilar analizado;

K_i coeficiente de rigidez EI/L del siguiente tramo de pilar en el nudo i , nulo caso de no existir;

K_{ij} coeficiente de rigidez eficaz de la viga en el nudo i , y posición j .

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Si los tramos sucesivos tienen diferente relación N/N_{cri} , la aproximación de β obtenida, y por tanto la de la misma N_{cri} , están del lado de la seguridad."

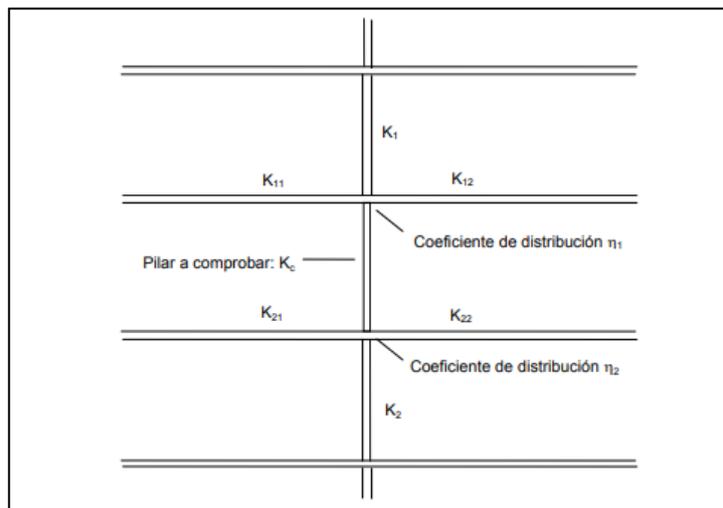


Ilustración 30: Coeficientes de distribución. Fuente: CTE DB SE-A, Figura 6.5. [3]

Tabla 6.5 Coeficiente de rigidez eficaz para una viga en comportamiento elástico		
Condiciones de coacción al giro en la viga en el extremo contrario al considerado.	Coeficiente de rigidez eficaz K de la viga	
	sin compresión relevante	con compresión ⁽¹⁾
empotrado	1,0 EI/L	1,0 EI/L (1-0,4 N/N _{cri})
articulado	0,75 EI/L	0,75 EI/L (1 - 1,0 N/N _{cri})
giro igual y de igual signo	1,5 EI/L	1,5 EI/L (1-0,2 N/N _{cri})
giro igual y de signo opuesto	0,5 EI/L	0,5 EI/L (1-1,0 N/N _{cri})
giro θ_a en el nudo considerado y giro θ_b en el otro	$(1 + 0,5 \theta_b / \theta_a) EI/L$	-

⁽¹⁾ N_{cri} se refiere al valor crítico a compresión de la viga considerada. El caso general (-) no está contemplado

Tabla 26: Coeficientes de rigidez eficaz para una viga en comportamiento elástico. Fuente: CTE DB SE-A, Tabla 6.5. [3]

En el caso del presente edificio, los pórticos en esta dirección se consideran traslacionales debido a que no tienen arriostramientos en el plano XZ, por ello se selecciona de la tabla anterior el coeficiente de rigidez eficaz de la viga 1,5·EI/L (modo traslacional).

A modo de ejemplo, se va a aplicar la fórmula mencionada anteriormente para el pilar que presenta un mayor porcentaje de aprovechamiento de la resistencia, indicado en la ilustración que se muestra a continuación:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

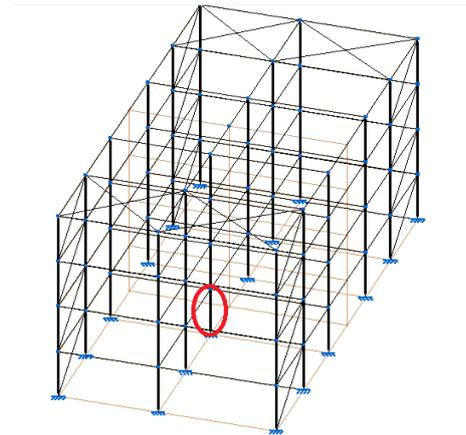


Ilustración 31: Pilar con mayor porcentaje de aprovechamiento de la resistencia

$$I_{\text{VIGA}} = I_{\text{IPE 270}} = 5790 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{PILAR}} = I_{\text{HE 260 B}} = 14920 \text{ cm}^4$$

$$L_{\text{VIGA1}} = 5,25 \text{ m}$$

$$L_{\text{VIGA2}} = 4,45 \text{ m}$$

$$L_{\text{PILAR}} = 2,5 \text{ m}$$

$$\eta_1 = \frac{14920 \cdot \left(\frac{1}{2,5} + \frac{1}{2,5}\right)}{14920 \cdot \left(\frac{1}{2,5} + \frac{1}{2,5}\right) + 5790 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{1}{4,45} + \frac{1}{5,25}\right)} = 0,76$$

$$\eta_2 = 0$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (0,76 + 0) - 0,12 \cdot 0,76 \cdot 0}{1 - 0,8 \cdot (0,76 + 0) + 0,6 \cdot 0,76 \cdot 0}} = 1,5$$

A continuación va a mostrarse el listado con los resultados obtenidos en Cype del pilar que presenta un mayor porcentaje de aprovechamiento de la resistencia (mismo pilar que en el ejemplo anterior), donde puede observarse el cumplimiento de todas las comprobaciones de E.L.U.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Barra N15/N88

Perfil: HE 260 B Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N15	N88	2.500	118.40	14920.00	5135.00	123.80
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		2.80	1.50	0.00	0.00	
L _K		7.000	3.750	0.000	0.000	
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						

Barra	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 _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N15/N88	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumpl e	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 63.3	x: 0 m η = 19.6	x: 0 m η = 10.9	η = 8.1	η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 79.3	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	CUMPL E η = 79.3
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.20} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 118.40 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 265.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 2172.02 kN

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{21990.00} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{2172.02} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{14920.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{5135.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{123.80} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{753700.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{3.750} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{7.000} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{13.01} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, **i_z**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{11.23} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{6.59} \text{ cm}$$

y₀, **z₀**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.274} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.633} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(A)+0.9·V(270°)H1+0.75·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{819.34} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{2988.19} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{118.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{1293.48} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{118.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M1}} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_v : \underline{0.93}$$

$$\chi_z : \underline{0.43}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_v : \underline{0.60}$$

$$\phi_z : \underline{1.47}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_v : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_v : \underline{0.38}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.20}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{2172.02} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,v} : \underline{21990.00} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{2172.02} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.196} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{57.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(A)+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{63.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{323.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,v} : \underline{1283.00} \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 265.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.109 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 16.62 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N15, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 16.53 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 151.98 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase: 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$: 602.20 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 265.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 44.46 \text{ kN} \leq 273.57 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(A)+1.5·V(0°)H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{44.46} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{547.15} \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 5.42 \text{ kN} \leq 698.69 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed}: \underline{5.42} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd}: \underline{1397.38} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.376} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.404} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta: \underline{0.793} \quad \checkmark$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N15, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.05·Q1(A)+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 757.77 kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **M_{y,Ed}** : 4.16 kN·m
M_{z,Ed} : 16.62 kN·m
Clase: 1

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta. **N_{pl,Rd}** : 2988.19 kN

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **M_{pl,Rd,y}** : 323.80 kN·m
M_{pl,Rd,z} : 151.98 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : 118.40 cm²

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **W_{pl,y}** : 1283.00 cm³
W_{pl,z} : 602.20 cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : 252.38 MPa

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 265.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : 1.05

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.05}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.82}$$

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente. **C_{m,y}** : 1.00
C_{m,z} : 1.00

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **χ_y** : 0.93
χ_z : 0.43

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. **λ̄_y** : 0.38
λ̄_z : 1.20

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. **α_y** : 0.60
α_z : 0.60

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.05 \cdot Q1(A) + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$44.46 \text{ kN} \leq 273.57 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{44.46}{\text{ kN}}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{547.15}{\text{ kN}}$$

6.2 VIGAS

6.2.1. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO. FLECHA.

A la hora de comprobar el E.L.S. en las vigas, se considerará la flecha relativa y la flecha absoluta. A continuación va a mostrarse el listado con los resultados obtenidos en Cype para dos vigas distintas, donde puede observarse el cumplimiento de la flecha, recordando que, según el DB-SE [3], en el apartado 4.3.3 Deformaciones, los límites de flecha son los siguientes:

"1. Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;

2. Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que 1/350.

3. Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que 1/300."

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz		
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)							
N1/N 2	9.745	7.42	9.371	4.76	9.745	14.81	9.558	9.40	
	9.745	L/(>1000)	9.371	L/(>1000)	9.745	L/(>1000)	9.371	L/(>1000)	
N3/N 4	9.745	8.61	9.745	4.68	9.745	17.19	9.745	9.34	
	9.745	L/(>1000)	9.745	L/(>1000)	9.745	L/(>1000)	9.745	L/(>1000)	

6.2.2. ESTADO LÍMITE ÚLTIMO. PANDEO.

A la hora de analizar el pandeo de las vigas, también se hablará de pandeo en el plano XZ y pandeo en el plano XY.

PLANO XZ

El β correspondiente a cada una de las vigas será de 1 en el plano XZ (plano del pórtico), ya que ambos extremos de la viga se caracterizan por ser empotramientos elásticos, con desplazamiento vertical impedido, debido a los pilares. Consideraremos todas las vigas biarticuladas, estando así del lado de la seguridad.

PLANO XY

El β correspondiente a cada una de las vigas será de 0 en el plano horizontal, al estar impedido por el forjado.

A continuación va a mostrarse el listado con los resultados obtenidos en Cype de la viga que presenta un mayor porcentaje de aprovechamiento de la resistencia, donde puede observarse el cumplimiento de todas las comprobaciones de E.L.U.

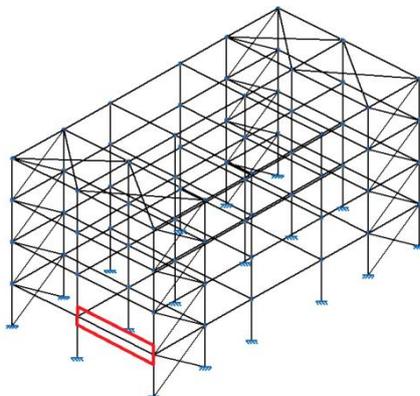


Ilustración 32: Viga con mayor porcentaje de aprovechamiento

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Barra N41/N75

Perfil: IPE 270 Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas					
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		
Inicial	Final						
N41	N75	5.250	45.90	5790.00	420.00	15.90	
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		0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K		0.000	5.250	0.000	0.000		
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							

Barra	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 _y	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N41/N75	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumpl	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	η = 0.4	η = 0.4	x: 5.12 m η = 80.8	x: 5.12 m η = 1.0	x: 5.12 m η = 35.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.12 m η = 81.2	η < 0.1	η = 0.1	x: 5.12 m η = 34.3	η < 0.1	CUMPL E η = 81.2
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flexor Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flexor Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.54} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 45.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 4353.91 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y} : \underline{4353.91}$ kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : \underline{\infty}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \underline{\infty}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{5790.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{420.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{15.90} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{70600.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{5.250} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{11.63} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{11.23} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.02} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(A)+1.5·V(90°)H2.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{5.35} \text{ kN}$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{t,Rd} : \underline{1202.14} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : 45.90 cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.004} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N_{c,Ed}** : 4.27 kN

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \underline{1202.14} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 45.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{1096.23} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_v : \underline{0.91}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\phi_v : \underline{0.68}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_v : \underline{0.21}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_v : \underline{0.54}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{4353.91} \text{ kN}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{4353.91} \text{ kN}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.808} \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.120 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(A)+0.9·V(0°)H1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁻** : 102.46 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} = W_{pl,y} · f_{yd} **M_{c,Rd}** : 126.76 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,y}** : 484.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.120 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁺** : 0.25 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.120 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁻** : 0.25 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} = W_{pl,z} · f_{yd} **M_{c,Rd}** : 25.40 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,z}** : 97.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$110.68 \text{ kN} \leq 167.04 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(A)+0.9·V(180°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 110.68 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}** : 334.07 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.05 \text{ kN} \leq 222.48 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 0.05 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V_{c,Rd}** : 444.96 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.811} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.812} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.488} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.120 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(A)+0.9·V(0°)H1+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

M_{pl,Rd,y}, **M_{pl,Rd,z}**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

W_{pl,y}, **W_{pl,z}**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

k_y, **k_z**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

C_{m,y}, **C_{m,z}**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$N_{c,Ed} : \underline{3.01} \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} : \underline{102.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd} : \underline{1202.14} \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{126.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{25.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

$$W_{pl,y} : \underline{484.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{97.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : <u>0.91</u>
	χ_z : <u>1.00</u>
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$: <u>0.54</u>
	$\bar{\lambda}_z$: <u>0.00</u>
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u>
	α_z : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1(A)+0.9·V(180°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$110.68 \text{ kN} \leq 167.04 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{110.68}{\text{kN}}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{334.07}{\text{kN}}$$

6.3 ELEMENTOS DE ARRIOSTRAMIENTO

A continuación va a mostrarse el listado con los resultados obtenidos en Cype de la diagonal de la cruz de San Andrés que presenta un mayor porcentaje de aprovechamiento de la resistencia, donde puede observarse el cumplimiento de todas las comprobaciones de E.L.U.

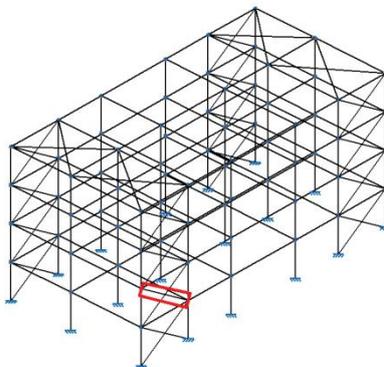


Ilustración 33: Viga CSA con mayor porcentaje de aprovechamiento de la resistencia

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Barra N38/N63

Perfil: L 20 x 20 x 3 Material: Acero (S275)											
Nudos			Longitud d (m)	Características mecánicas							
Inicia I	Final I			Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _p ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _a ⁽³⁾ (mm)	z _a ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
N38	N63		4.507	1.12	0.39	0.39	0.23	0.03	4.04	-4.04	-45.0
<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado</p> <p>⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme</p> <p>⁽³⁾ Coordenadas del centro de gravedad</p> <p>⁽⁴⁾ Producto de inercia</p> <p>⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.</p>											
			Pandeo		Pandeo lateral						
				Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
			β	0.00	0.00	0.00	0.00				
			L _K	0.000	0.000	0.000	0.000				
			C _m	1.000	1.000	1.000	1.000				
C ₁	-		1.000								
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L_K: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C_m: Coeficiente de momentos</p> <p>C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>											

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)												Estado		
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z V _y	NM _y M _z V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N38/N63	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumplido	η = 55.1	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPL E η = 55.1
<p>Notación:</p> <p>$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez</p> <p>N_t: Resistencia a tracción</p> <p>N_c: Resistencia a compresión</p> <p>M_y: Resistencia a flexión eje Y</p> <p>M_z: Resistencia a flexión eje Z</p> <p>V_z: Resistencia a corte Z</p> <p>V_y: Resistencia a corte Y</p> <p>M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p>M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p>NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p>NM_yM_zV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p>M_t: Resistencia a torsión</p> <p>M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p>M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</p> <p>⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p>⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>⁽⁵⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p>⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>															

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.
f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A : $\frac{1.12}{}$ cm²
f_v : $\frac{275.00}{}$ MPa
N_{cr} : $\frac{\infty}{}$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : 0.551 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.05·Q1(A)+1.5·V(270°)H2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 16.18 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 29.33 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : $\frac{1.12}{}$ cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

6.4 PLACA DE ANCLAJE

Para el proceso de cálculo de la placa de anclaje van a considerarse los siguientes Estados Límites:

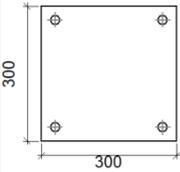
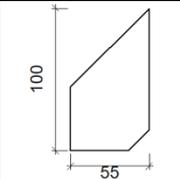
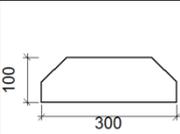
- ELU agotamiento del apoyo.
- ELU de agotamiento de la placa a flexión.
- ELU de agotamiento de los pernos a tracción.
- ELU de agotamiento de los pernos a cortante.

A continuación va a mostrarse el listado con los resultados obtenidos en Cype donde queda reflejado el cumplimiento de los anteriores estados límite.

A modo de ejemplo, se muestra el listado para la placa de anclaje tipo 2:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _v (MPa)	f _u (MPa)
Placa base		300	300	15	4	22	16	4	S275	275.0	410.0
Rigidizador		55	100	5	-	-	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		300	100	5	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a X:	Calculado: 40.4	Cumple
- Paralelos a Y:	Calculado: 40.4	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:	Máximo: 46.67 kN Calculado: 11.05 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 32.67 kN Calculado: 9.85 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 46.67 kN Calculado: 25.12 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 61.6 kN Calculado: 13.12 kN	Cumple

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 135.934 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 110 kN Calculado: 9.85 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 122.424 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 122.579 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 223.382 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 93.1119 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 15705.1	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 15705.6	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7468.02	Cumple
- Abajo:	Calculado: 18948.8	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 49.2612 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

6.5 CIMENTACIÓN

Para el proceso de cálculo de la cimentación van a considerarse los siguientes Estados Límites:

- ELU de equilibrio, seguridad al vuelco.
- ELU de agotamiento del terreno.
- ELU de agotamiento de la estructura de cimentación.

A continuación va a mostrarse el listado con los resultados obtenidos en Cype para una zapata cuadrada centrada (N5), para una zapata rectangular excéntrica (N11) y para una viga de atado (C.1 [N11-N5]) donde queda reflejado el cumplimiento de los anteriores estados límite.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

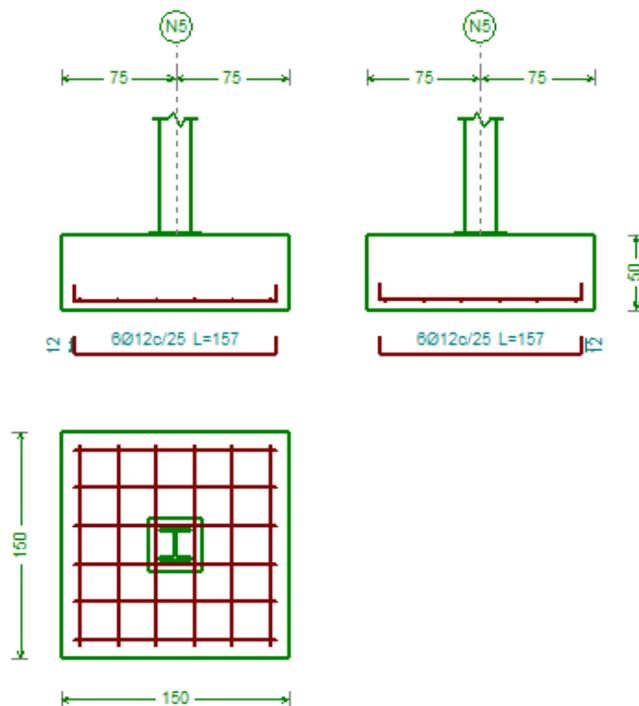


Ilustración 34: Representación geométrica zapata N5 proporcionada por Cype.

Referencia: N5		
Dimensiones: 150 x 150 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.151172 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.161276 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.189431 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: 1110.0 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 716.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 54.44 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 60.71 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Referencia: N5		
Dimensiones: 150 x 150 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X:	Cortante: 51.01 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 58.76 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 789.3 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N5:	Mínimo: 30 cm Calculado: 43 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: 0.0007	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0008	Cumple
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>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 24 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 24 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas: - Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 12 cm	Cumple

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Referencia: N5		
Dimensiones: 150 x 150 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

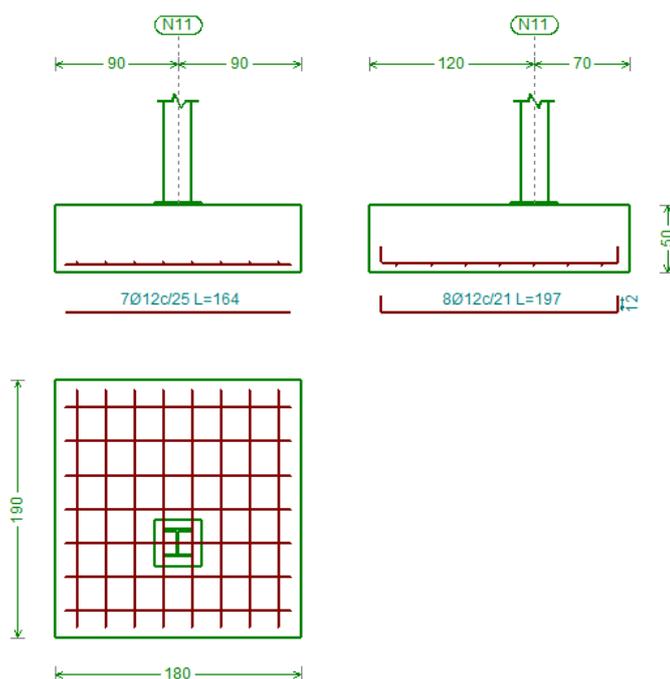


Ilustración 35: Representación geométrica zapata N11 proporcionada por Cype.

Referencia: N11		
Dimensiones: 180 x 190 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/21		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.11409 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.177757 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.188156 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: 2027.1 %	Cumple

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Referencia: N11		
Dimensiones: 180 x 190 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/21		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 236.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 77.56 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 87.94 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 86.92 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 93.98 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 881 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N11:	Mínimo: 30 cm Calculado: 43 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: 0.0011	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0008 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0011	Cumple
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>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 21 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 21 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Referencia: N11		
Dimensiones: 180 x 190 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/21		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 17 cm Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 17 cm Calculado: 69 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo flexible (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.59		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.60		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 451.36 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 427.62 kN		

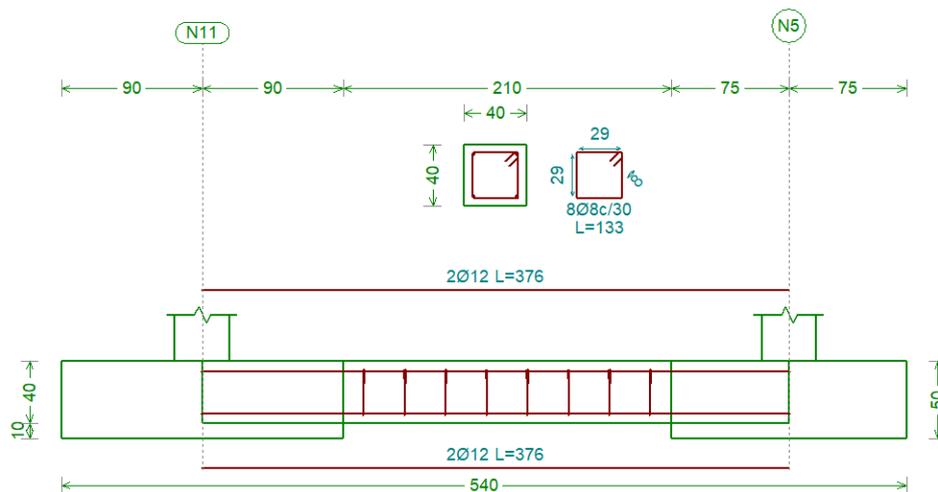


Ilustración 36: Representación geométrica viga de atado proporcionada por Cype.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Referencia: C.1 [N11-N5] (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: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 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: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

3. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

3. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1. CAPÍTULO 1: ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

1.1. PARTIDA 1.1. Desbroce y limpieza del terreno. (m²)

Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión. El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados.

	MEDICIÓN(m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	PRECIO (€)
PARTIDA 1.1	335	1,00	335

1.2. PARTIDA 1.2. Excavación de tierras y pozos. (m³)

Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

	MEDICIÓN(m ³)	PRECIO UNITARIO (€/m ³)	PRECIO (€)
PARTIDA 1.2	43,51	23,37	1.016,88

1.3. PARTIDA 1.3. Transporte de tierras con camión. (m³)

Transporte de tierras con camión a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.

	MEDICIÓN(m ³)	PRECIO UNITARIO (€/m ³)	PRECIO (€)
PARTIDA 1.	43,51	4,05	176,22

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

1.4. SUBTOTAL CAPÍTULO 1

	TOTAL (€)
PARTIDA 1.1	335
PARTIDA 1.2	1.016,88
PARTIDA 1.3	176,22
SUBTOTAL	1.528,1

2. CAPÍTULO 2: CIMENTACIONES

2.1. PARTIDA 2.1. Zapata de cimentación de hormigón armado. (m³)

Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/30/Ila fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m³. Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.

	MEDICIÓN(m ³)	PRECIO UNITARIO (€/m ³)	PRECIO (€)
PARTIDA 2.1	26,56	139,37	3.701,67

2.2. PARTIDA 2.2. Viga entre zapatas. (m³)

Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/30/Ila fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m³. Incluso alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.

	MEDICIÓN(m ³)	PRECIO UNITARIO (€/m ³)	PRECIO (€)
PARTIDA 2.2	9,31	147,92	1.377,14

2.3. PARTIDA 2.3. Hormigón de limpieza (m²)

Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

	MEDICIÓN(m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	PRECIO (€)
PARTIDA 2.3	76,4	75,02	5731,5

2.4. SUBTOTAL CAPÍTULO 2

	TOTAL (€)
PARTIDA 2.1	3.701,67
PARTIDA 2.2	1.377,14
PARTIDA 2.3	5731,5
SUBTOTAL	10.810,31

3. CAPÍTULO 3: ACERO

3.1. PARTIDA 3.1. Acero en pilares. (kg)

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

	MEDICIÓN(kg)	PRECIO UNITARIO (€/kg)	PRECIO (€)
PARTIDA 3.1	12.349,62	1,6	19.759,392

3.2. PARTIDA 3.2. Acero en vigas. (kg)

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

	MEDICIÓN(kg)	PRECIO UNITARIO (€/kg)	PRECIO (€)
PARTIDA 3.2	14.093,84	1,58	22.268,267

3.3. PARTIDA 3.3. Acero en vigas. (Acero CSA) (kg)

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

	MEDICIÓN(kg)	PRECIO UNITARIO (€/kg)	PRECIO (€)
PARTIDA 3.3	169,96	1,65	280,434

3.4. PARTIDA 3.4. Acero en estructura de escaleras y rampas. (kg)

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructura de escalera compuesta de zancas y mesetas, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

	MEDICIÓN(kg)	PRECIO UNITARIO (€/kg)	PRECIO (€)
PARTIDA 3.4	731,7	7,25	5.304,81

3.5. PARTIDA 3.5. Placa de anclaje de acero, con pernos soldados. (Ud)

Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central biselado, de 350x350 mm y espesor 12 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 50 cm de longitud total. El precio incluye los cortes, los despuntes, la preparación de bordes, las pletinas, las piezas especiales y los elementos auxiliares de montaje.

	MEDICIÓN(Ud)	PRECIO UNITARIO (€/Ud)	PRECIO (€)
PARTIDA 3.5	18	32,46	584,28

3.6. SUBTOTAL CAPÍTULO 3

	TOTAL (€)
PARTIDA 3.1	19.759,392
PARTIDA 3.2	22.268,267
PARTIDA 3.3	280,434
PARTIDA 3.4	5.304,81
PARTIDA 3.5	584,28
SUBTOTAL	48.197,18

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

4. CAPÍTULO 4: SOLADO Y FORJADO

4.1. PARTIDA 4.1. Solado de terrazo. (m²)

Solado de baldosas de terrazo micrograno (menor o igual a 6 mm), clasificado de uso normal para interiores, 40x40 cm, color Marfil, colocadas a golpe de maceta sobre lecho de mortero de cemento, industrial, M-5 y rejuntadas con lechada de cemento blanco BL-V 22,5 coloreada con la misma tonalidad de las baldosas.

	MEDICIÓN(m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	PRECIO (€)
PARTIDA 4.1	791,69	25,38	20.093,09

4.2. PARTIDA 4.2. Losa de placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado. (m²)

Losa de 16 + 5 cm de canto, realizada con placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de 16 cm de canto y 120 cm de anchura, con momento flector último de 53,2 kN·m/m, con altura libre de planta de hasta 3 m, apoyada directamente sobre vigas de canto o muros de carga; relleno de juntas entre placas alveolares y zonas de enlace con apoyos, realizados con hormigón HP-40/S/12/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero B 500 S en zona de negativos, con una cuantía aproximada de 4 kg/m². Incluso piezas de acero UNE-EN 10025 S275JR tipo Omega, en posición invertida, laminado en caliente, con recubrimiento galvanizado, 1 kg/m², para el apoyo de las placas en los huecos del forjado y alambre de atar. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los apoyos ni los pilares.

	MEDICIÓN(m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	PRECIO (€)
PARTIDA 4.2	968,85	55,62	53.887,44

4.3. SUBTOTAL CAPÍTULO 4

	TOTAL (€)
PARTIDA 4.1	20.093,09
PARTIDA 4.2	53.887,44
SUBTOTAL	73.980,53

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

5. CAPÍTULO 5: FACHADAS

5.1. PARTIDA 5.1. Hoja exterior de fachada, de fábrica de ladrillo cerámico cara vista. (m²)

Hoja exterior en cerramiento de fachada, de 11,5 cm de espesor, de fábrica de ladrillo cerámico cara vista perforado hidrofugado, color Salmón, acabado liso, 24x11,5x5 cm, con juntas horizontales y verticales de 10 mm de espesor, junta rehundida, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-7,5, suministrado a granel; revestimiento de los frentes de forjado con ladrillos cortados, colocados con mortero de alta adherencia; y formación de dinteles mediante ladrillos a sardinel con fábrica armada.

	MEDICIÓN(m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	PRECIO (€)
PARTIDA 5.1	582	45,1	26.248,2

5.2. PARTIDA 5.2. Hoja interior de fachada, de fábrica de ladrillo para revestir, con aislamiento integrado. (m²)

Hoja interior de cerramiento de fachada de 5 cm de espesor, de fábrica de ladrillo cerámico hueco sencillo de gran formato con panel aislante de poliestireno expandido incorporado, machihembrado, para revestir, 70x50x5x4 cm, con juntas de 10 mm de espesor, recibida con pegamento de cola preparado y yeso de calidad B1.

	MEDICIÓN(m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	PRECIO (€)
PARTIDA 5.2	582	16,76	9.754,32

5.3. PARTIDA 5.3. Antepecho de hormigón armado. (m)

Antepecho de hormigón armado, de 1,25 m de alto y 0,2 m de ancho, realizado con hormigón HA-25/B/30/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 45 kg/m. El precio incluye la elaboración y el montaje de la ferralla en el lugar definitivo de su colocación en obra.

	MEDICIÓN(m)	PRECIO UNITARIO (€/m)	PRECIO (€)
PARTIDA 5.3	58,2	100,2	5.831,64

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

5.4. PARTIDA 5.4. Barandilla de fachada, de acero. (m)

Barandilla de fachada en forma recta, de 100 cm de altura, formada por: bastidor compuesto de barandal superior e inferior de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm y montantes de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 100 cm entre sí; entreaño para relleno de los huecos del bastidor compuesto de barrotes verticales de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 10 cm y pasamanos de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm, fijada mediante anclaje mecánico de expansión.

	MEDICIÓN(m)	PRECIO UNITARIO (€/m)	PRECIO (€)
PARTIDA 5.4	69,72	75,63	5.272,92

5.5. SUBTOTAL CAPÍTULO 5

	TOTAL (€)
PARTIDA 5.1	26.248,2
PARTIDA 5.2	9.754,32
PARTIDA 5.3	5.831,64
PARTIDA 5.4	5.272,92
SUBTOTAL	47.107,08

6. CAPÍTULO 6: CUBIERTA

6.1. PARTIDA 6.1. Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava. Impermeabilización con láminas de poliolefinas. (m²)

Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo invertida, pendiente del 1% al 5%, compuesta de: formación de pendientes: arcilla expandida, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, con espesor medio de 10 cm, acabado con capa de regularización de mortero de cemento, industrial, M-5 de 4 cm de espesor; impermeabilización monocapa no adherida: lámina impermeabilizante flexible tipo EVAC, compuesta de una doble hoja de poliolefina termoplástica con acetato de vinil etileno, con ambas caras revestidas de fibras de poliéster no tejidas, de 0,8 mm de espesor y 600 g/m²; aislamiento térmico: panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 50 mm de espesor, resistencia a compresión >= 300 kPa; capa separadora bajo protección: geotextil de polipropileno-polietileno, (125 g/m²); capa de protección: 10 cm de canto rodado de 16 a 32 mm de diámetro.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

	MEDICIÓN(m ²)	PRECIO UNITARIO (€/m ²)	PRECIO (€)
PARTIDA 6.1	177,16	61,51	10897,11

6.2. SUBTOTAL CAPÍTULO 6

	TOTAL (€)
PARTIDA 6.1	10.897,11
SUBTOTAL	10.897,11

7. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

	TOTAL (€)
CAPÍTULO 1: ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	1.528,10
CAPÍTULO 2: CIMENTACIONES	10.810,31
CAPÍTULO 3: ACERO	48.197,18
CAPÍTULO 4: SOLADO Y FORJADO	73.980,53
CAPÍTULO 5: FACHADAS	47.107,08
CAPÍTULO 6: CUBIERTA	10.897,11
SUBTOTAL (€)	192.520,31

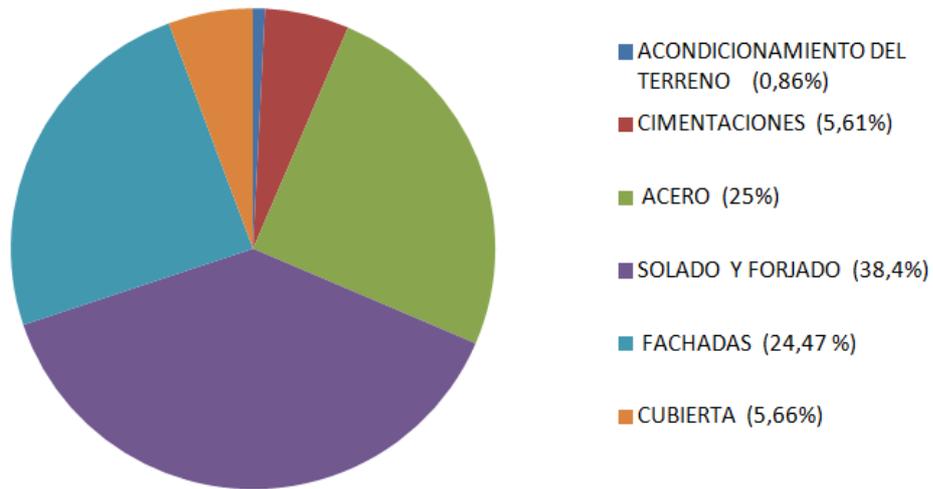
8. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	192.520,31 €
GASTOS GENERALES 13% (GG)	25.027,64 €
BENEFICIO INDUSTRIAL 6% (BI)	11.551,22 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	229.099,17 €
IVA 21%	48.110,83 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	277.210,00€

El presupuesto base de licitación asciende a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SETENTA Y SIETE MIL DOSCIENTOS DIEZ EUROS.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

9. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO



Cabe destacar que la mayor parte del presupuesto es destinado al solado, forjado y acero, ya que el solado y forjado representan un 38.4% del subtotal y el acero un 25 % del subtotal.

Donde menos dinero va a emplearse es en el acondicionamiento del terreno, solamente se destinará para ello un 0,86% del total.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

4. PLANOS

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m^2 por planta, situado en Segorbe (Castellón).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un edificio de apartamentos rurales de cuatro alturas, con una superficie de 188 m² por planta, situado en Segorbe (Castellón).

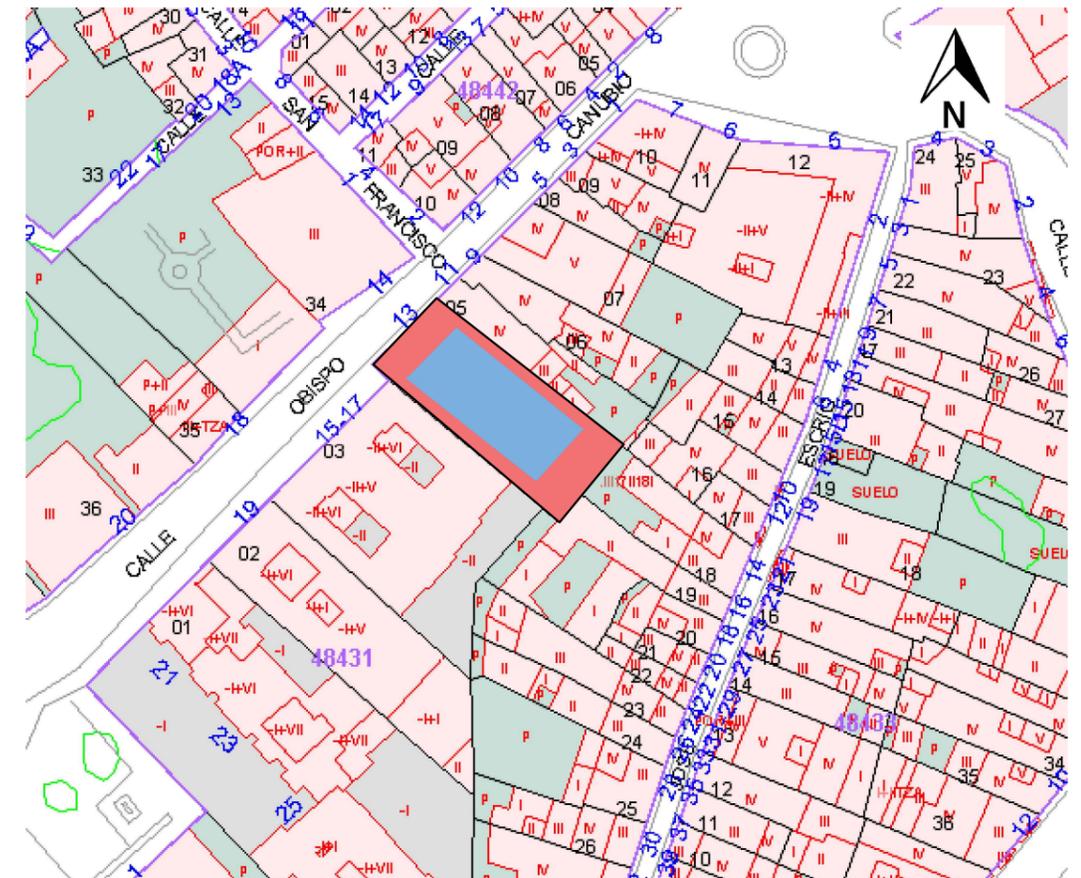
4. PLANOS

- 1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**
- 2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**
- 3. ALZADOS SECCIONADOS**
- 4. REPLANTEO**
- 5. FORJADO**
- 6. CIMENTACIÓN**
- 7. DETALLES ZAPATAS Y VIGA DE ATADO**
- 8. ESTRUCTURA 3D**
- 9. ESTRUCTURA METÁLICA. PLANTAS**
- 10. ESTRUCTURA METÁLICA. ALINEACIONES A, B Y C.**
- 11. ESTRUCTURA METÁLICA. ALINEACIONES 1 A 6.**

SITUACIÓN E: 1/1500



EMPLAZAMIENTO E: 1/500



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN EDIFICIO DE APARTAMENTOS RURALES DE CUATRO ALTURAS, CON UNA SUPERFICIE DE 188 m² POR PLANTA, SITUADO EN SEGORBE (CASTELLÓ)

Plano: Situación y emplazamiento

Autor: Paula De Los Desamparados Resino Borja

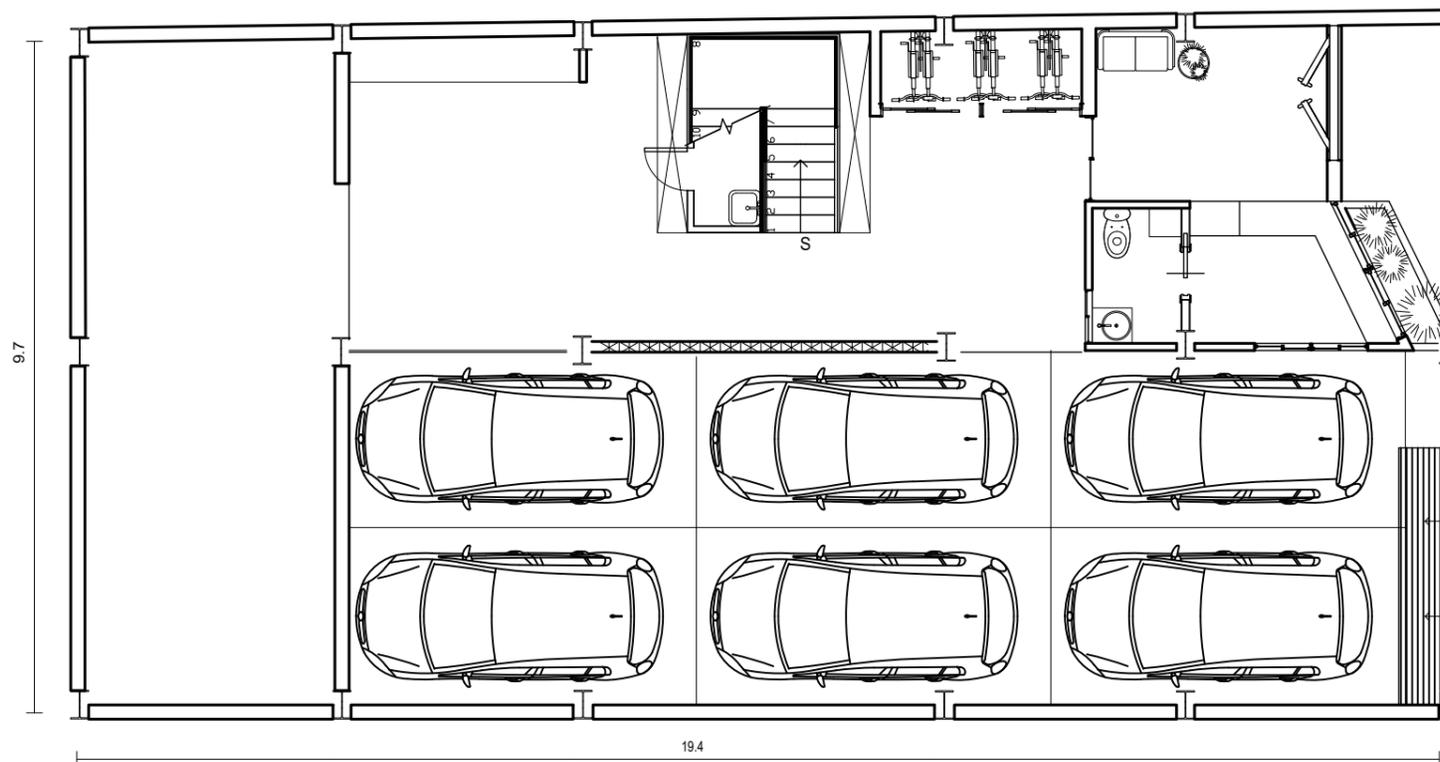
Fecha: Septiembre 2019

Escala: Varias

Nº Plano:

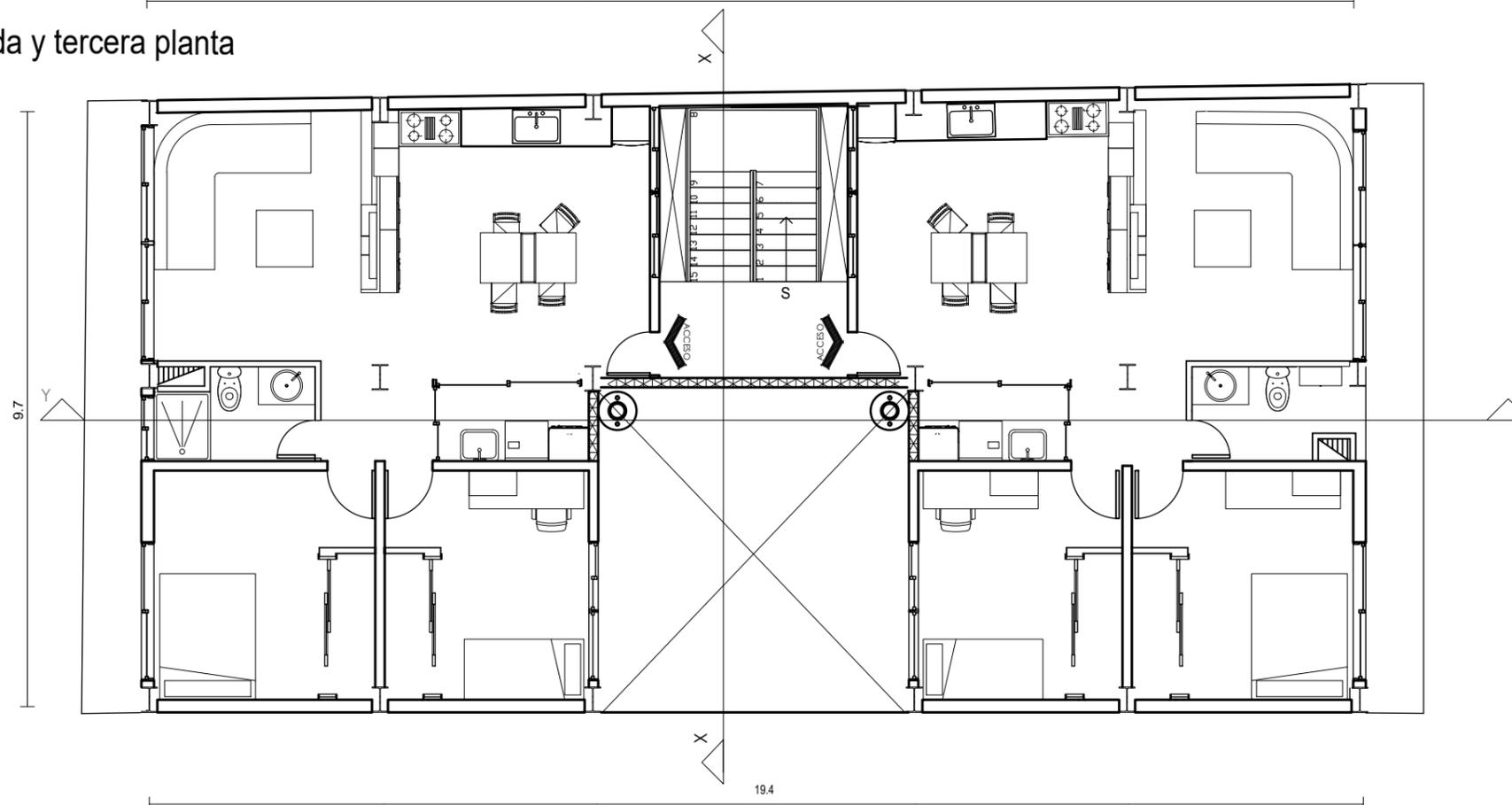
01

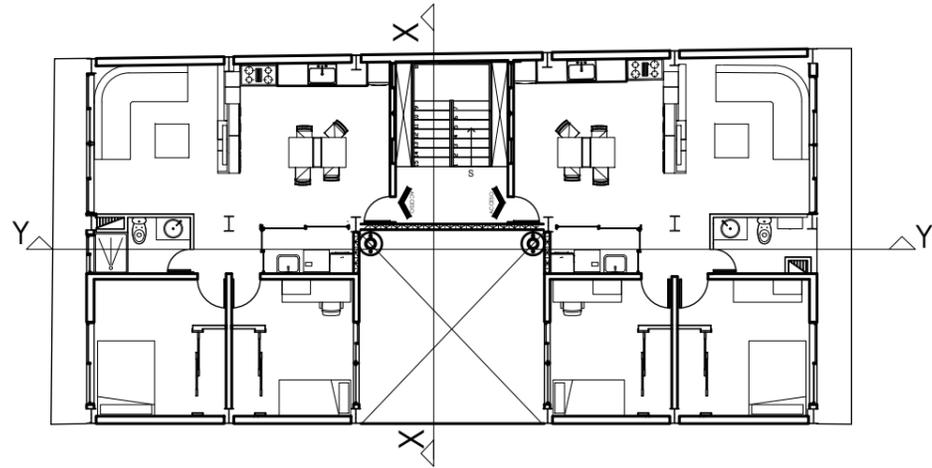
Distribución planta baja



*Cotas en metros

Distribución primera, segunda y tercera planta

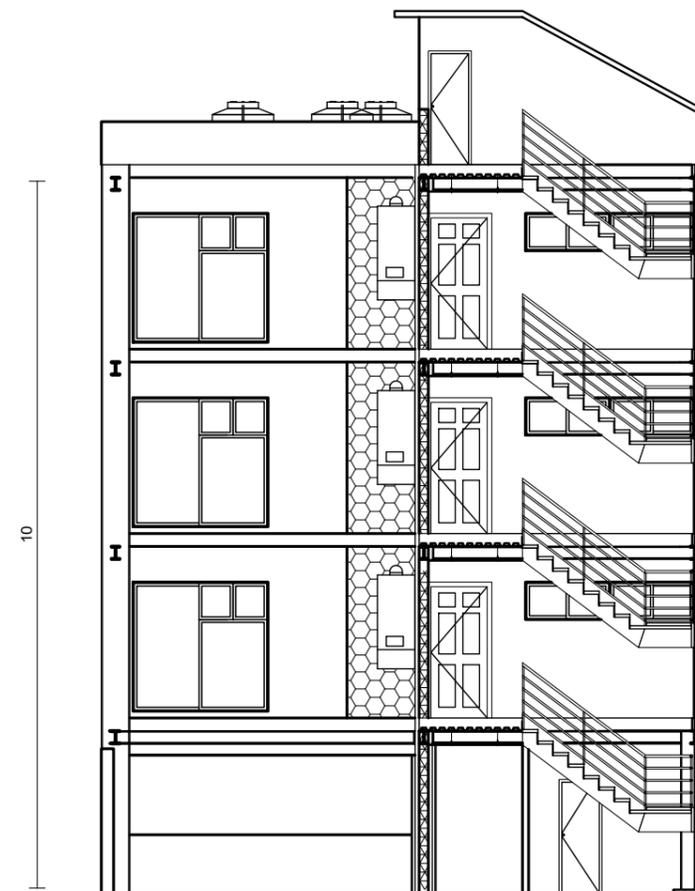
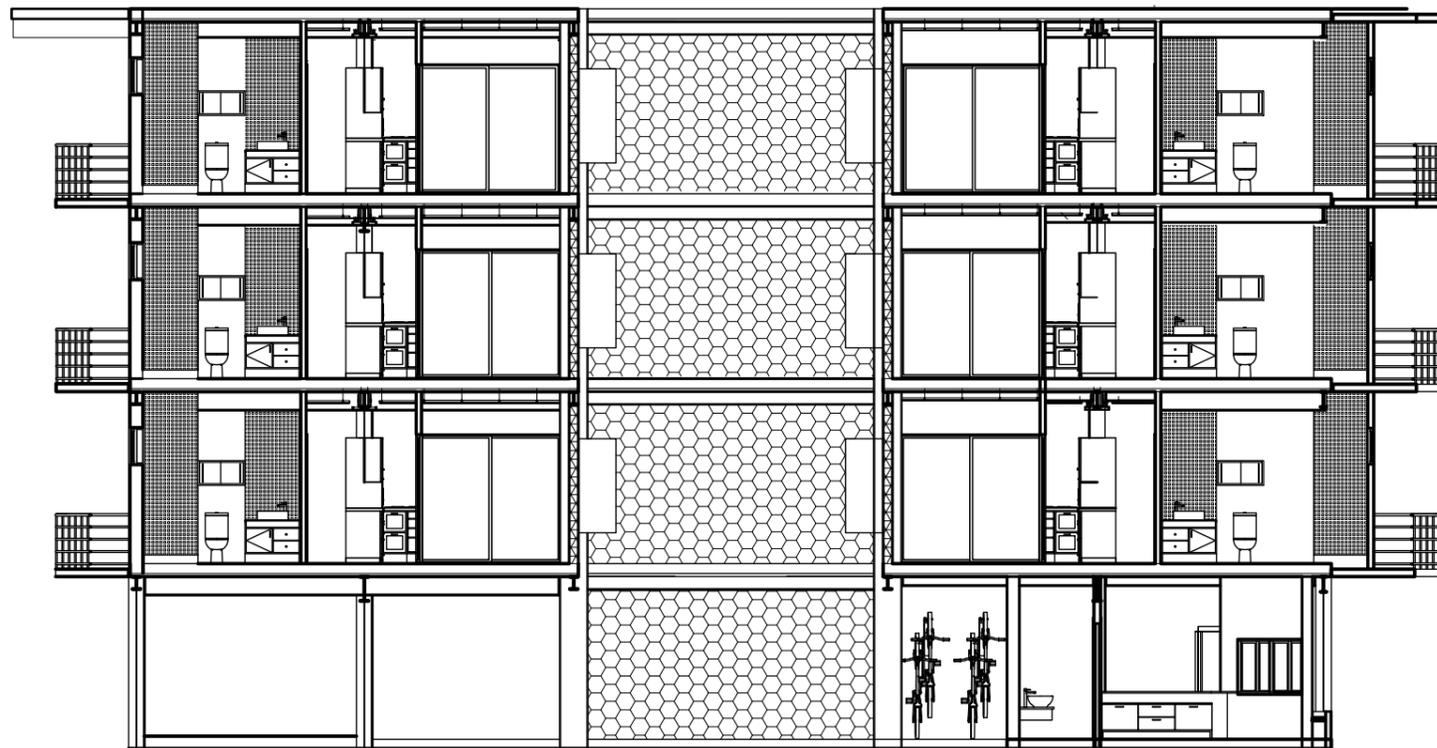




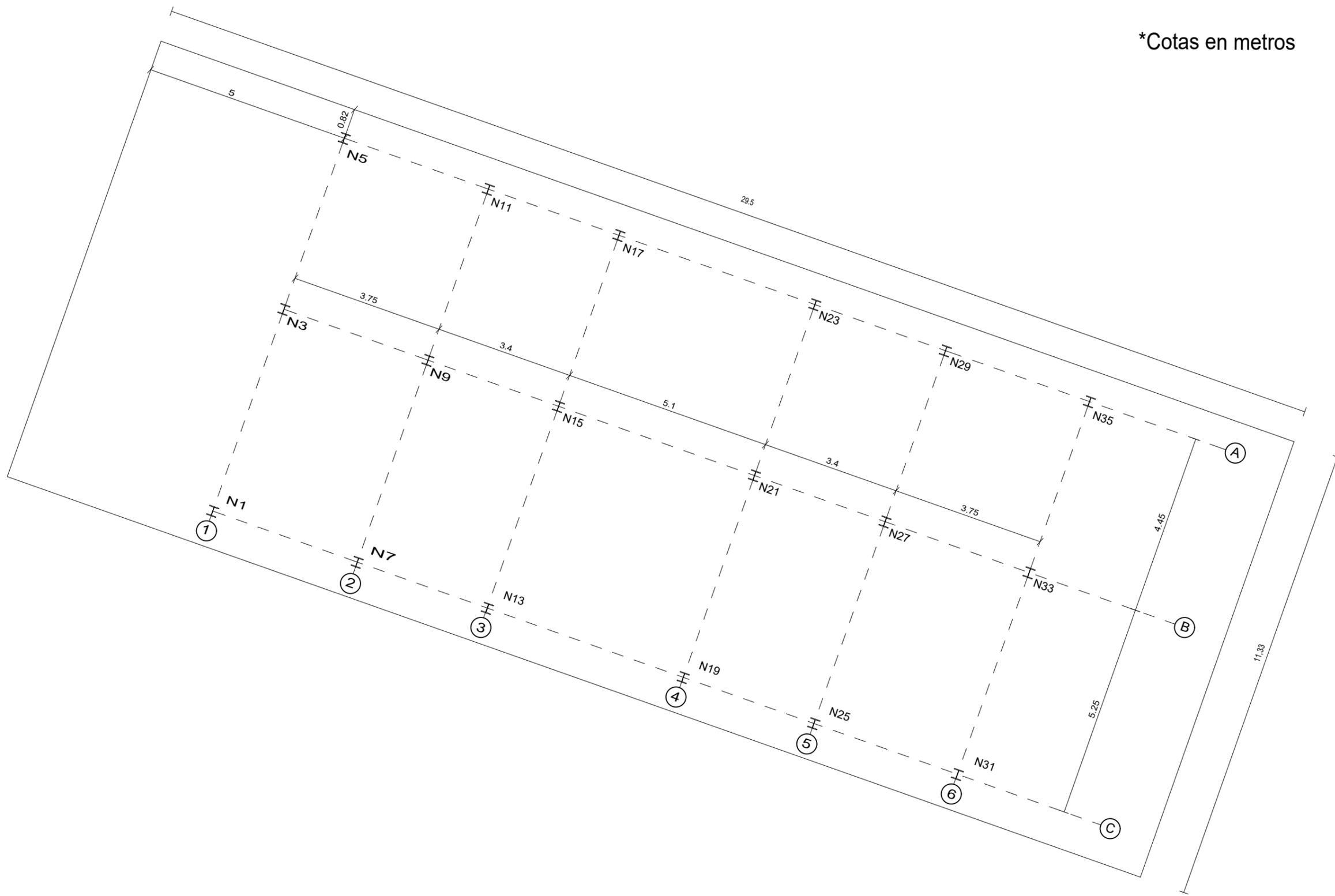
*Cotas en metros

Alzado seccionado X-X

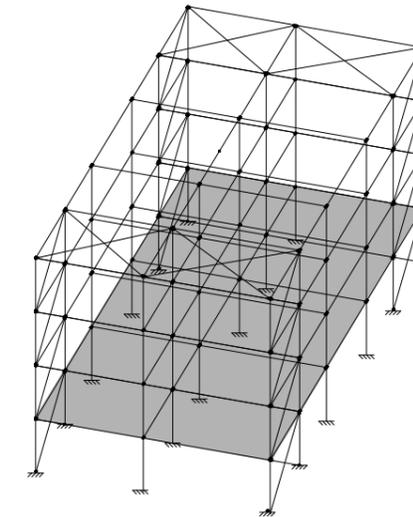
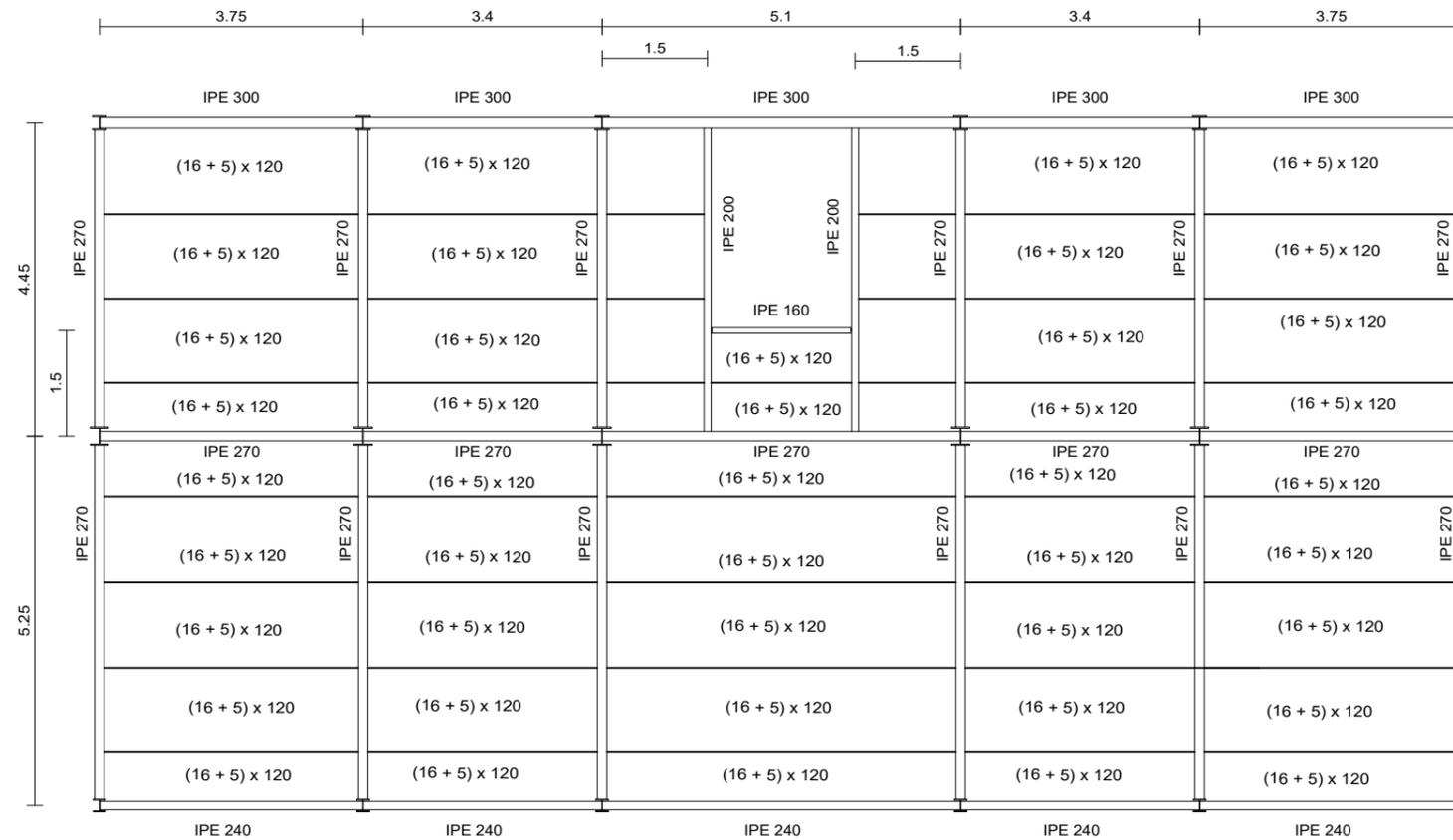
Alzado seccionado Y-Y



*Cotas en metros



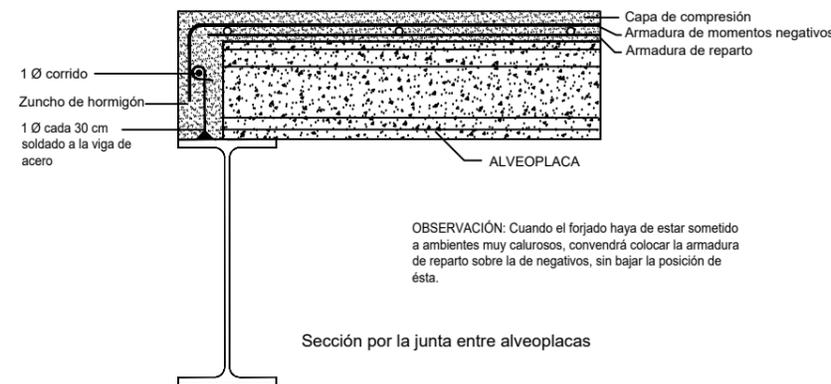
*Cotas en metros



PRIMERA PLANTA

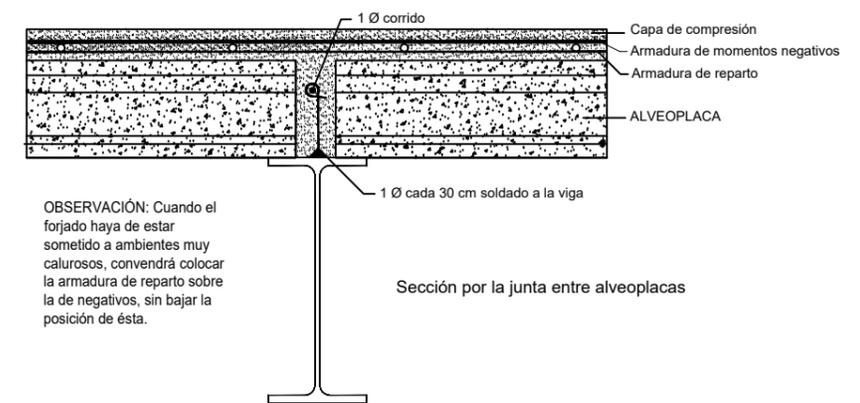
Escala: S/E

Canto total del forjado: 21 cm
 Espesor de la capa de compresión: 5 cm
 Ancho de la placa: 1200 mm
 Hormigón de la placa: HA-40 $\gamma_c=1.35$
 Hormigón de la capa y juntas: HA-25/B/30/IIa $\gamma_c=1.5$
 Acero de negativos: B500S $\gamma_s=1.15$
 Peso propio: 3.75 kN/m²



APOYO EXTERIOR SOBRE ALA SUPERIOR DE VIGA DE ACERO
 FORJADO DE ALVEOPLACA CON CAPA DE COMPRESIÓN

OBSERVACIÓN: Cuando el forjado haya de estar sometido a ambientes muy calurosos, convendrá colocar la armadura de reparto sobre la de negativos, sin bajar la posición de ésta.

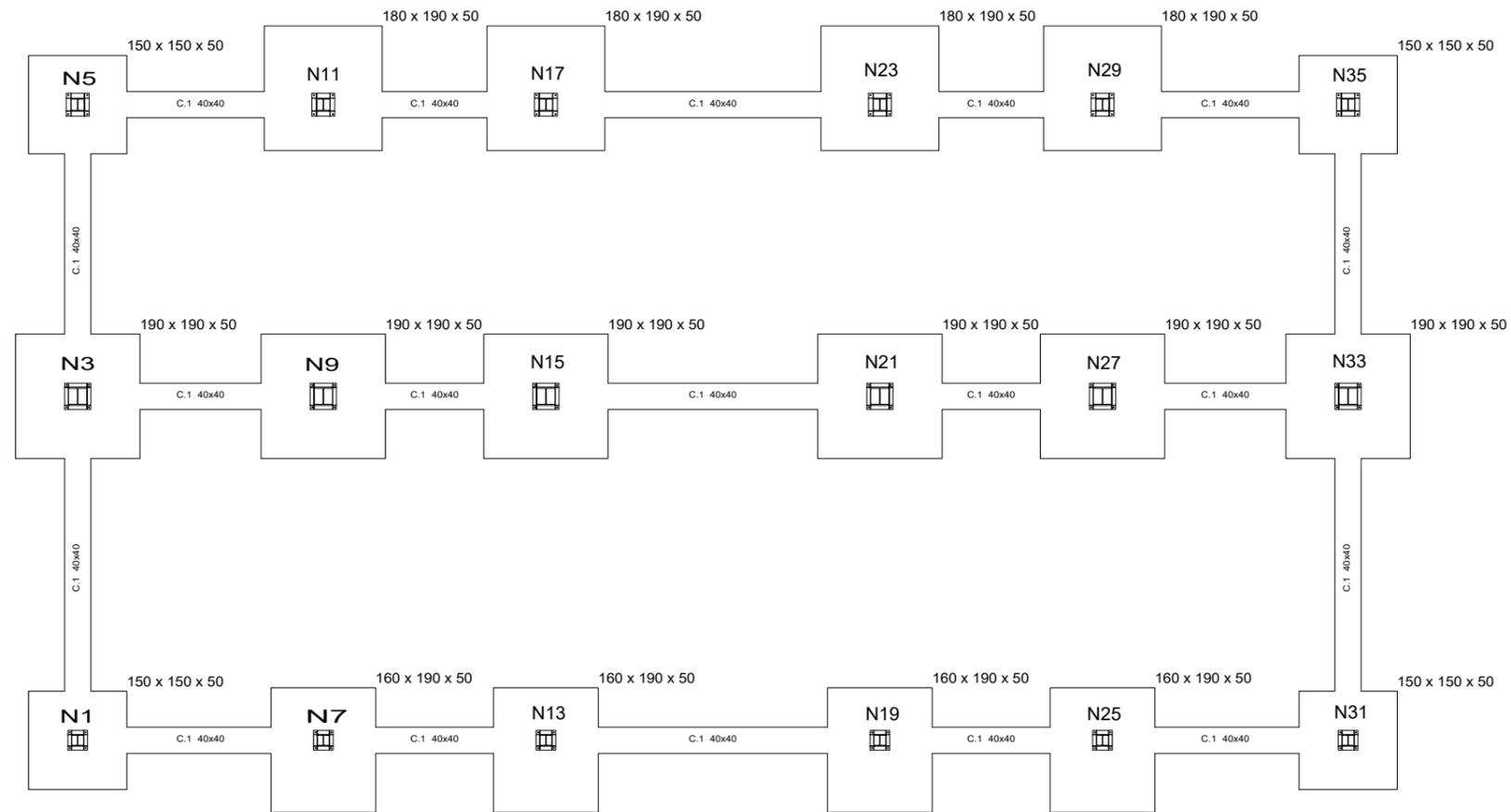


APOYO INTERIOR SOBRE ALA SUPERIOR DE VIGA DE ACERO
 FORJADO DE ALVEOPLACA CON CAPA DE COMPRESIÓN

OBSERVACIÓN: Cuando el forjado haya de estar sometido a ambientes muy calurosos, convendrá colocar la armadura de reparto sobre la de negativos, sin bajar la posición de ésta.

Sección por la junta entre alveoplasticas

*Medidas expresadas en centímetros



Características de los materiales - Zapatas de cimentación								
Materiales	Hormigón					Acero		
	Control		Características			Control		Características
Zapatas	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo
Zapatas	Estadístico	$\gamma = 1.50$	HA-25/B/30/IIa	Plástica e blanda (9-15 cm)	30 mm	Normal	$\gamma = 1.15$	B500S
Vigas de atado	Estadístico	$\gamma = 1.50$	HA-25/B/30/IIa	Plástica e blanda (9-15 cm)	30 mm	Normal	$\gamma = 1.15$	B500S
Ejecución (Acciones)	Normal	$\gamma_{G+1.35}$ $\gamma_{Q+1.5}$	Adaptado a la Instrucción EHE					
Exposición/ambiente	Terreno	terreno protegido u hormigón de limpieza		I	IIa	IIb	IIla	
Recubrimientos nominales (mm)	80	Ver Exposición/Ambiente		30	35	40	45	

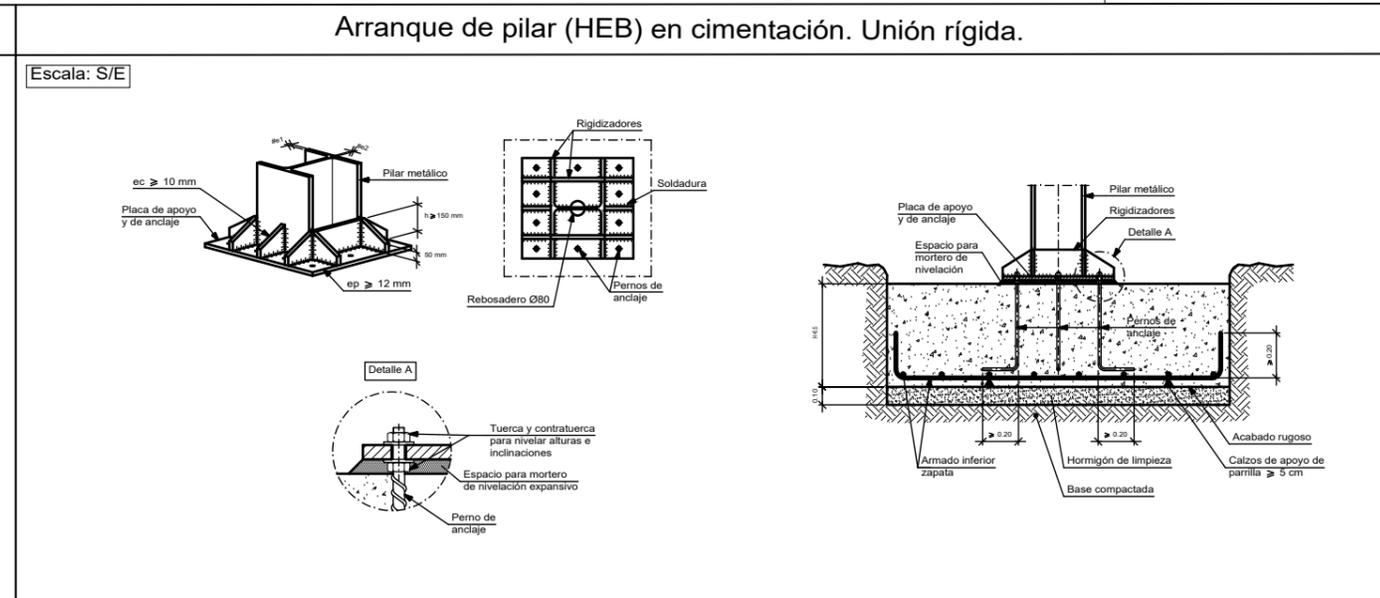
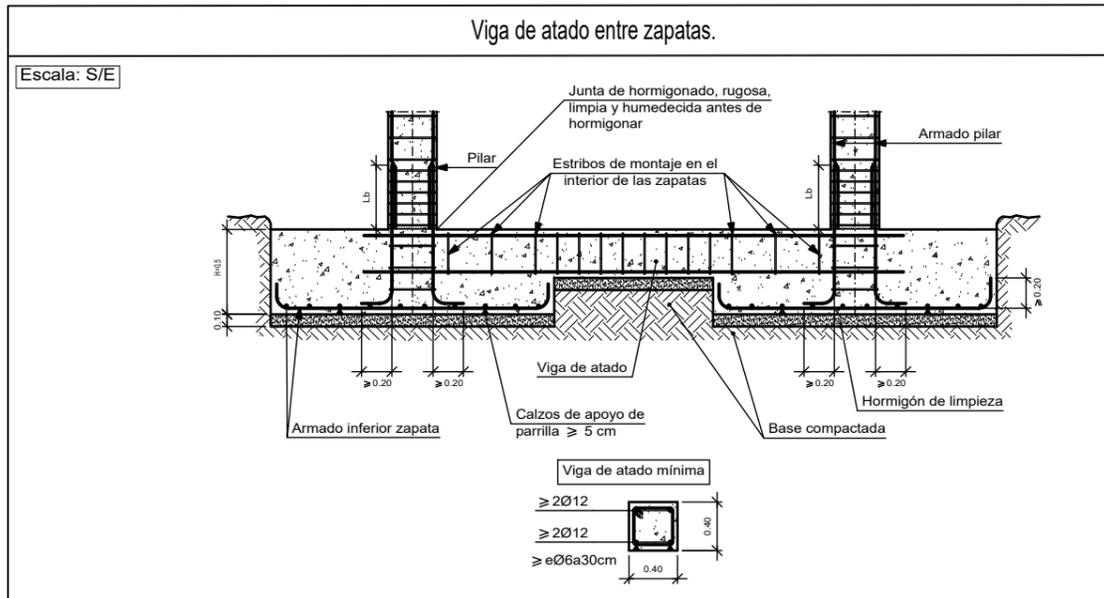
Notas
 - Control Estadístico en EHE, equivale a control normal
 - Solapes según EHE
 - El acero utilizado deberá estar garantizado con un distintivo reconocido: Sello CIETSID, CC-EHE, ...



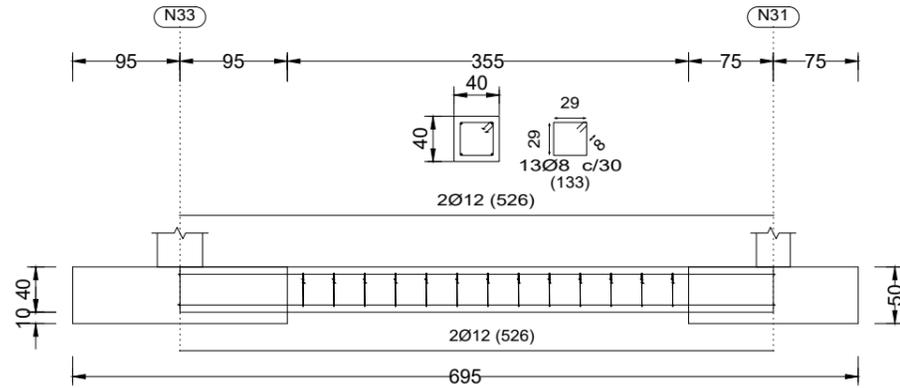
Datos geotécnicos
 - Tensión admisible del terreno considerada = 0.2 MPa (2 Kg/cm2)

Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N1, N7, N13, N19, N25 y N31	4 Pernos Ø 16	Placa base (300x300x15)
N3, N9, N15, N21, N27 y N33	4 Pernos Ø 16	Placa base (400x400x15)
N5, N11, N17, N23, N29 y N35	4 Pernos Ø 16	Placa base (350x350x15)

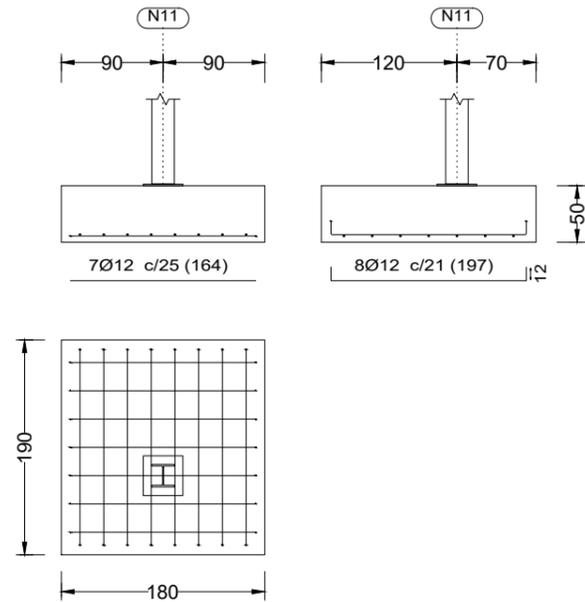
CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN				
Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y
N1, N5, N31 y N35	150x150	50	6Ø12c/25	6Ø12c/25
N3, N9, N15, N21, N27 y N33	190x190	50	6Ø16c/29	6Ø16c/29
N7, N13, N19 y N25	160x190	50	9Ø12c/21	5Ø12c/29
N11, N17, N23 y N29	180x190	50	7Ø12c/25	8Ø12c/21



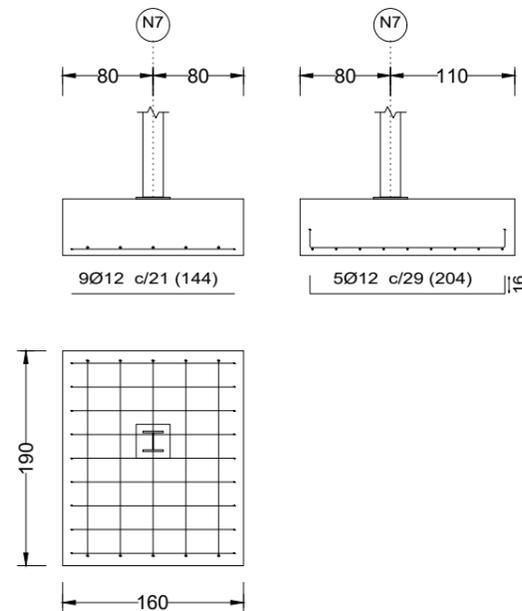
C.1 [N33-N31] y C.1 [N3-N1]



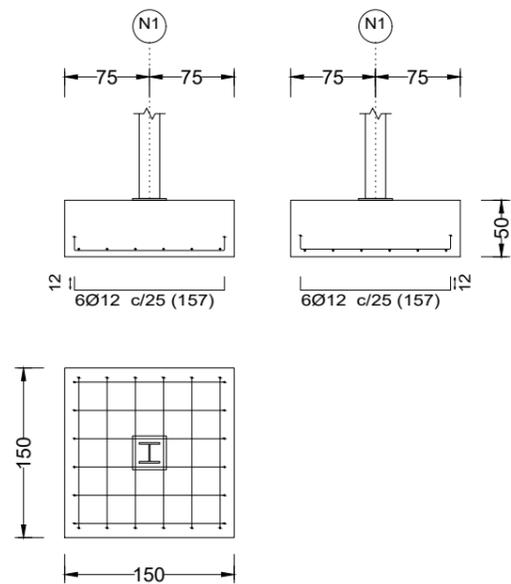
N11, N17, N23 y N29



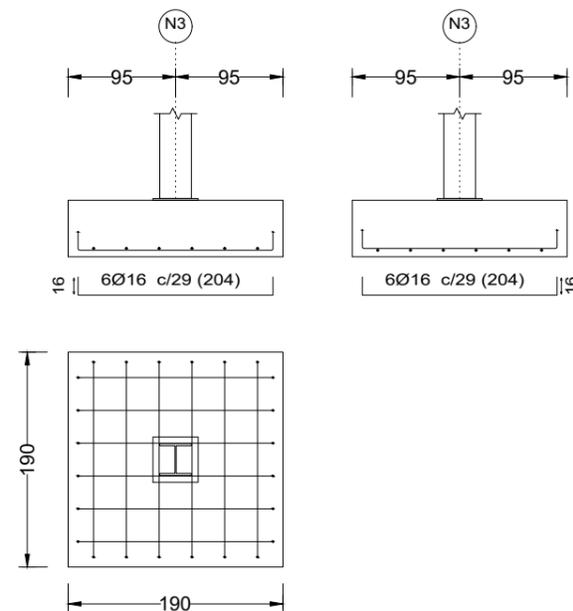
N7, N13, N19 y N25



N1, N5, N31 y N35



N3, N9, N15, N21, N27 y N33



Características de los materiales - Zapatas de cimentación

Materiales	Hormigón					Acero		
	Control		Características			Control		Características
Zapatas	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo
Zapatas	Estadístico	$\gamma_{c=1.50}$	HA-25/B/30/IIa	Plástica e blanda (9-15 cm)	2030 mm	Normal	$\gamma_{s=1.15}$	B500S
Vigas de atado	Estadístico	$\gamma_{c=1.50}$	HA-25/B/30/IIa	Plástica e blanda (9-15 cm)	2030 mm	Normal	$\gamma_{s=1.15}$	B500S
Ejecución (Acciones)	Normal	$\gamma_{G=1.35}$ $\gamma_{Q=1.5}$	Adaptado a la Instrucción EHE					
Exposición/ambiente	Terreno	terreno protegido u hormigón de limpieza	I	IIa	IIb	IIla		
Recubrimientos nominales (mm)	80	Ver Exposición/Ambiente	30	35	40	45		

Recubrimientos nominales

- 1a.- Recubrimiento inferior contacto terreno \geq 8 cm.
- 1b.- Recubrimiento con hormigón de limpieza 4 cm.
- 2.- Recubrimiento superior libre 4/5 cm.
- 3.- Recubrimiento lateral contacto terreno \geq 8 cm.
- 4.- Recubrimiento lateral libre 4/5 cm.

Datos geotécnicos

- Tensión admisible del terreno considerada = 0.2 MPa (2 Kg/cm²)

Cuadro de arranques

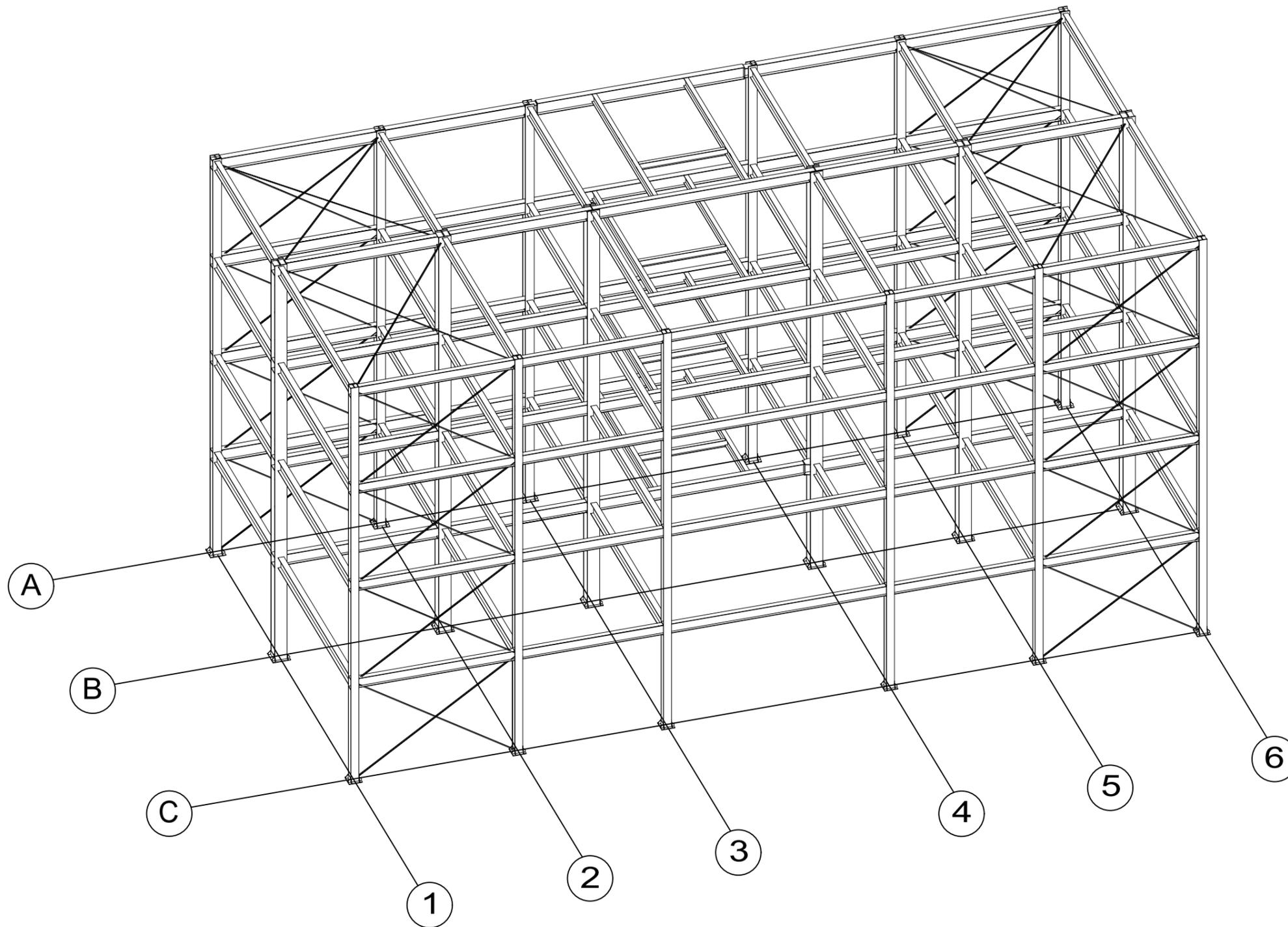
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N1, N7, N13, N19, N25 y N31	4 Pernos Ø 16	Placa base (300x300x15)
N3, N9, N15, N21, N27 y N33	4 Pernos Ø 16	Placa base (400x400x15)
N5, N11, N17, N23, N29 y N35	4 Pernos Ø 16	Placa base (350x350x15)

CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y
N1, N5, N31 y N35	150x150	50	6Ø12c/25	6Ø12c/25
N3, N9, N15, N21, N27 y N33	190x190	50	6Ø16c/29	6Ø16c/29
N7, N13, N19 y N25	160x190	50	9Ø12c/21	5Ø12c/29
N11, N17, N23 y N29	180x190	50	7Ø12c/25	8Ø12c/21

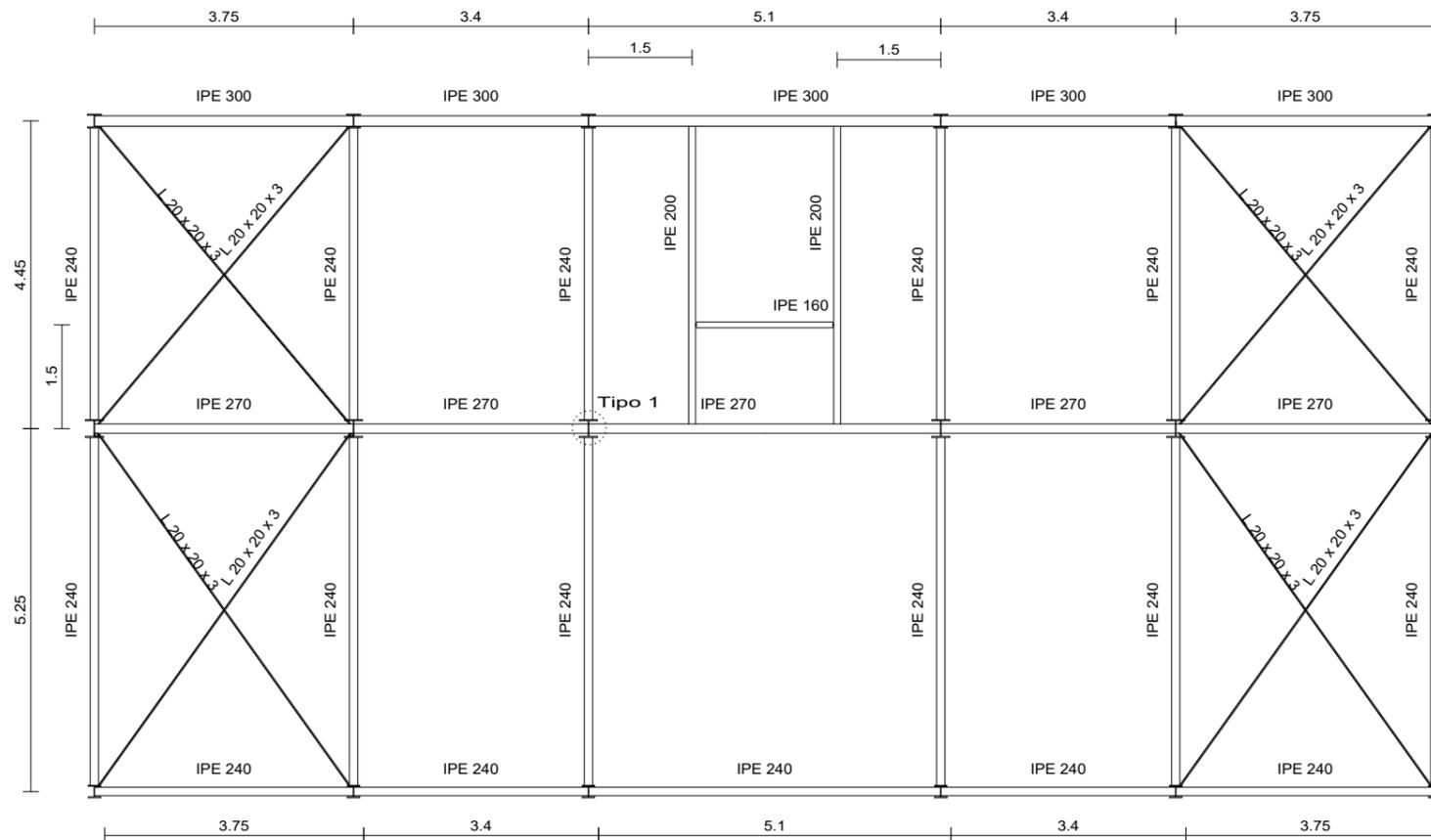
CUADRO DE VIGAS DE ATADO

Referencia	Armado sup.	Arm. inf.	Estribos
C.1	2Ø12	2Ø12	1xØ8c/30

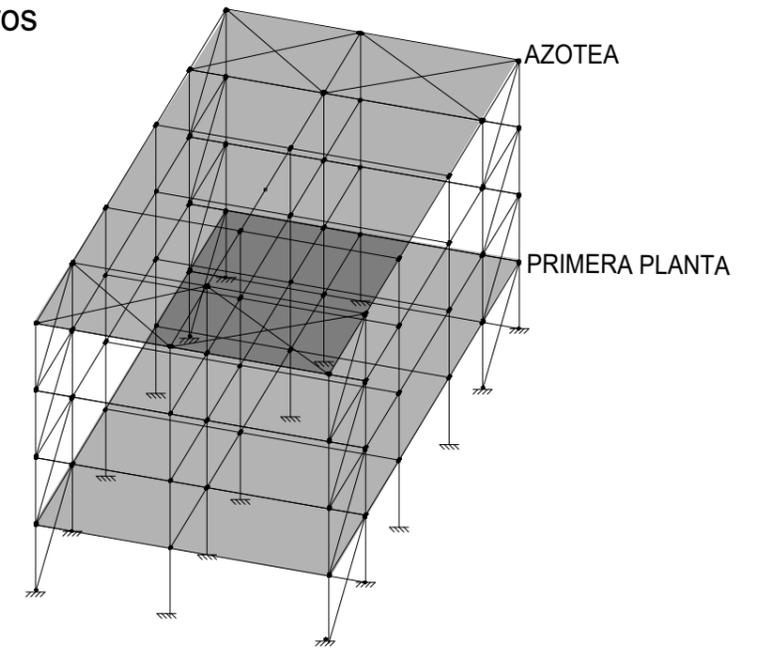


Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
 Acero laminado: S275

AZOTEA

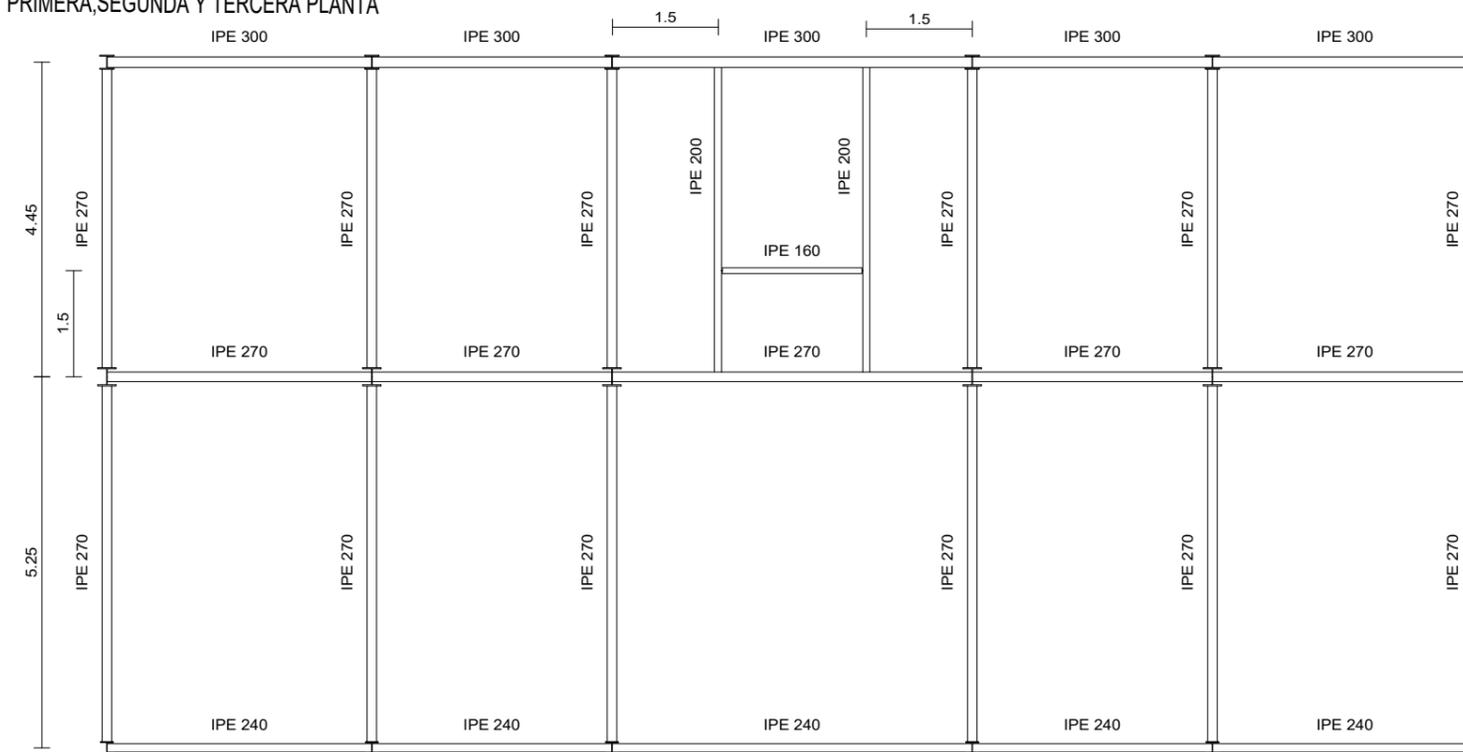


*Cotas en metros

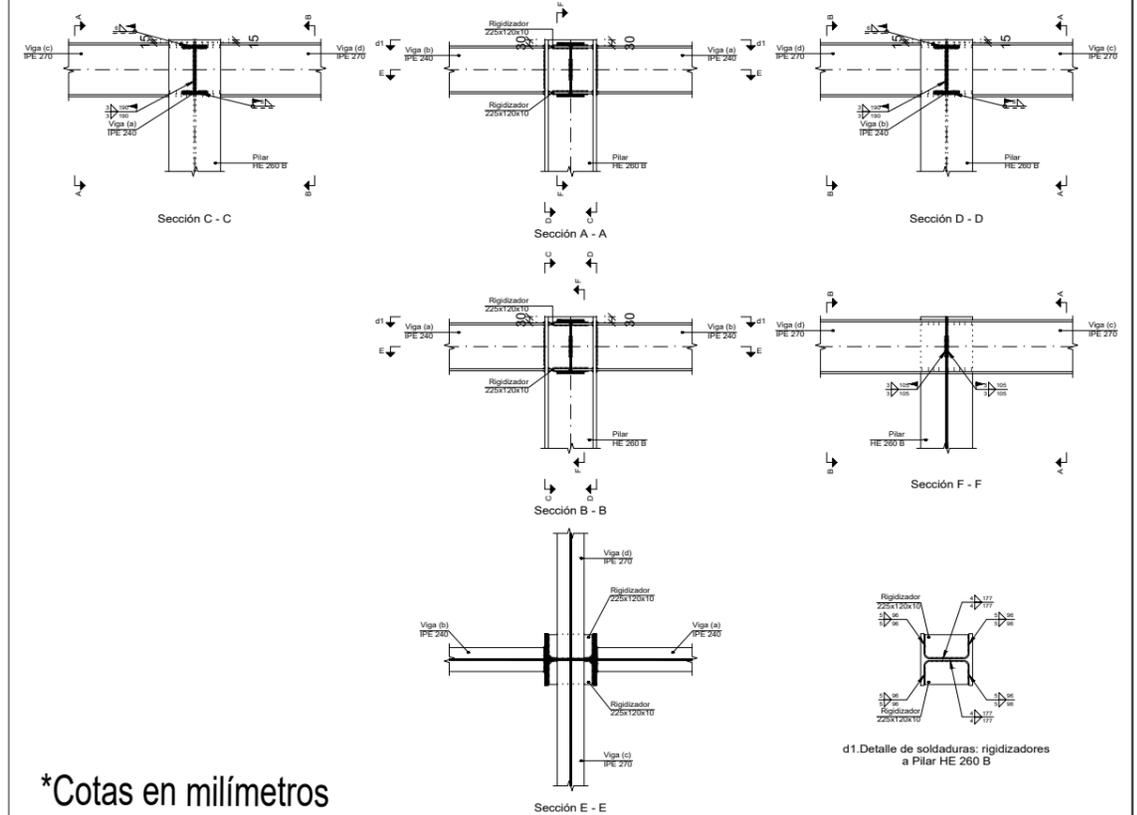


Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275

PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA PLANTA



Tipo 1



*Cotas en milímetros

Escala: S/E

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN EDIFICIO DE APARTAMENTOS RURALES DE CUATRO ALTURAS, CON UNA SUPERFICIE DE 188 m² POR PLANTA, SITUADO EN SEGORBE (CASTELLÓ)

Plano: Estructura metálica. Plantas

Autor: Paula De Los Desamparados Resino Borja

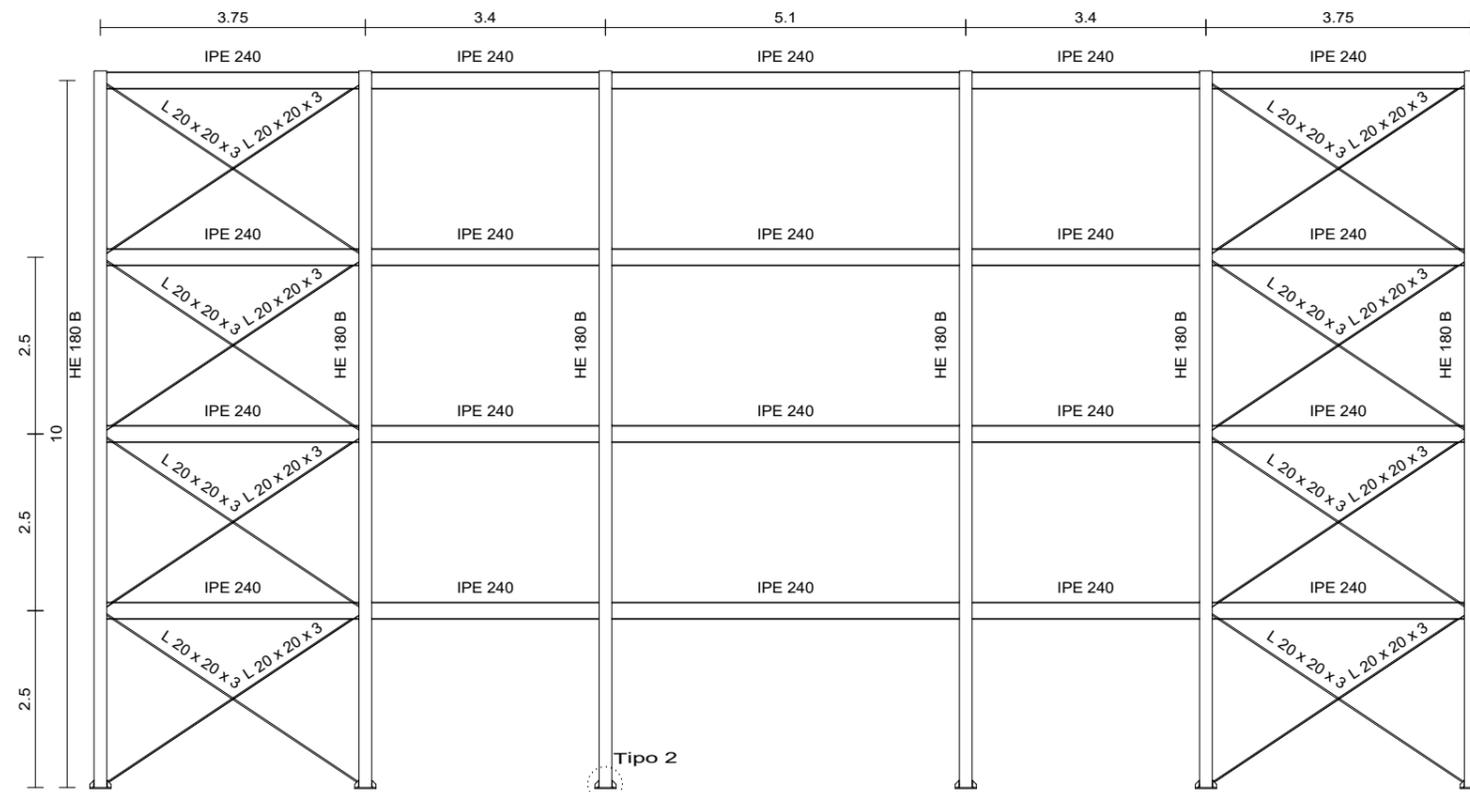
Fecha: Septiembre 2019

Escala: 1:100

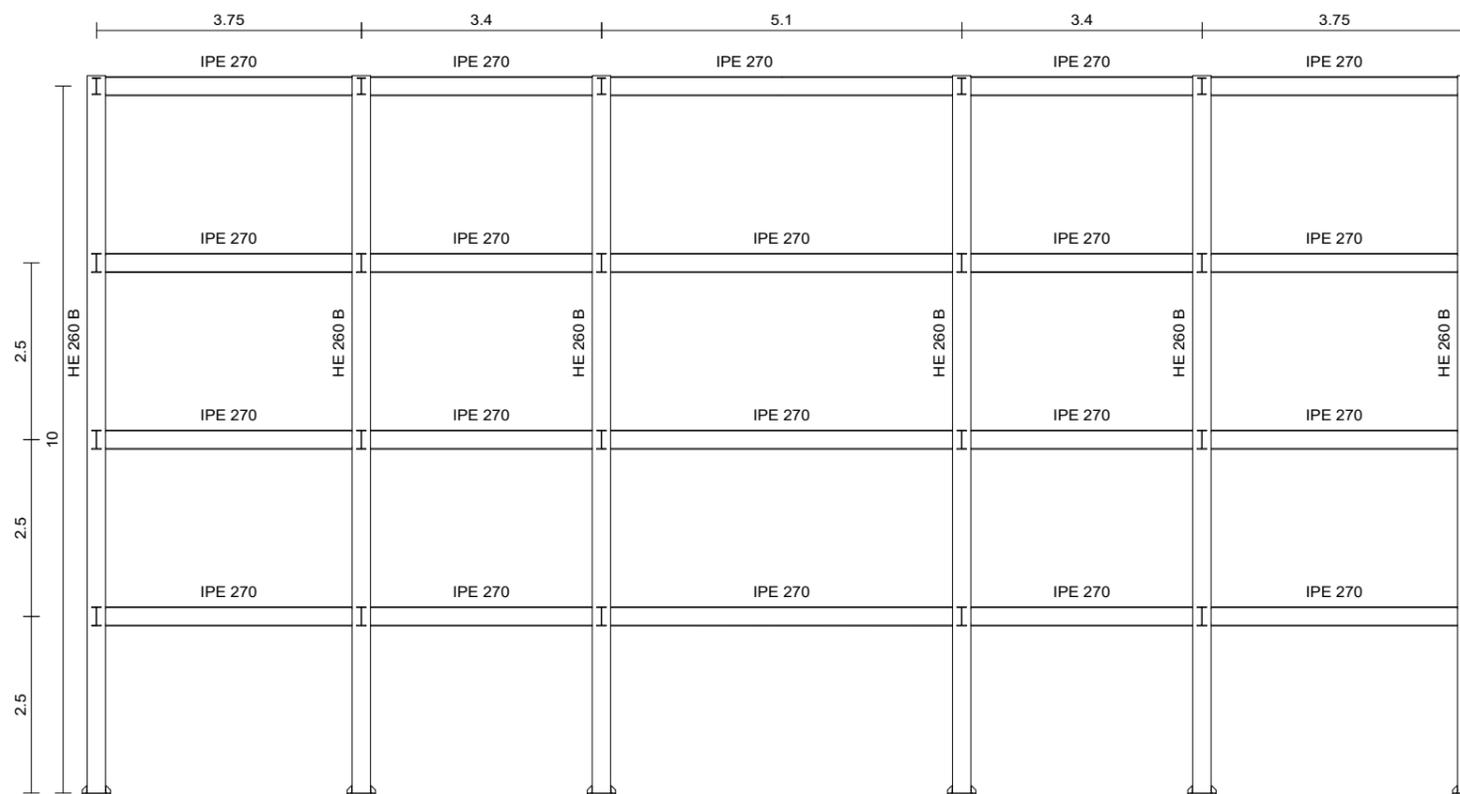
Nº Plano:

09

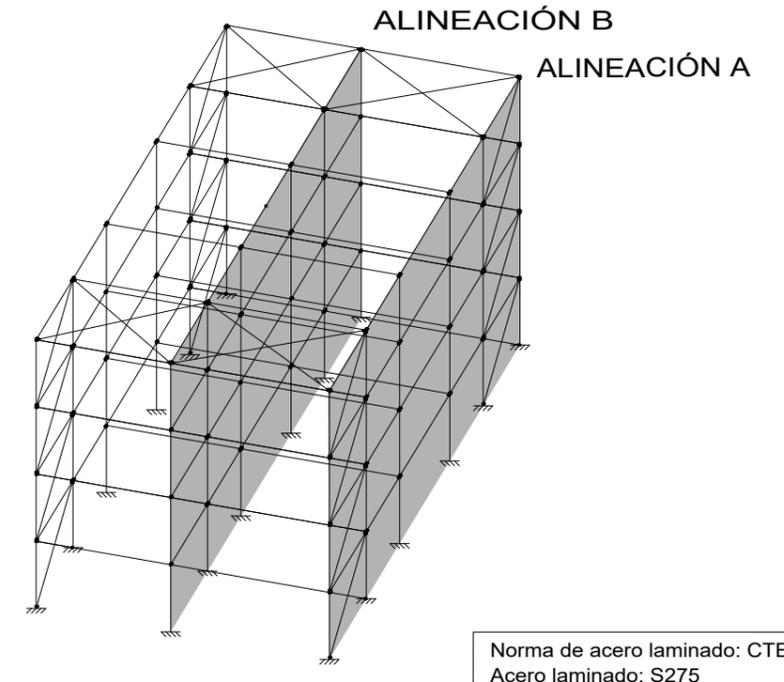
ALINEACIONES A Y C



ALINEACIÓN B

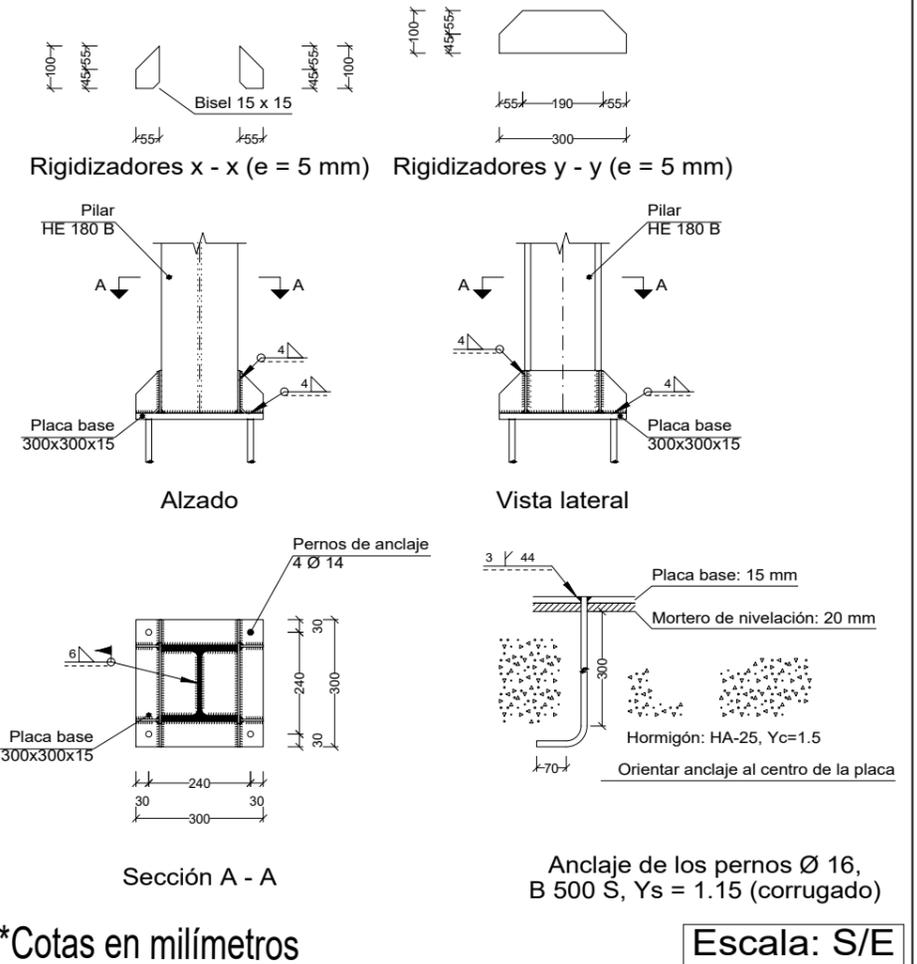


*Cotas en metros



Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275

Tipo 2



*Cotas en milímetros

Escala: S/E

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN EDIFICIO DE APARTAMENTOS RURALES DE CUATRO ALTURAS, CON UNA SUPERFICIE DE 188 m² POR PLANTA, SITUADO EN SEGORBE (CASTELLÓ)

Plano:

Estructura metálica. Alineaciones A, B y C

Autor:

Paula De Los Desamparados Resino Borja

Fecha:

Septiembre 2019

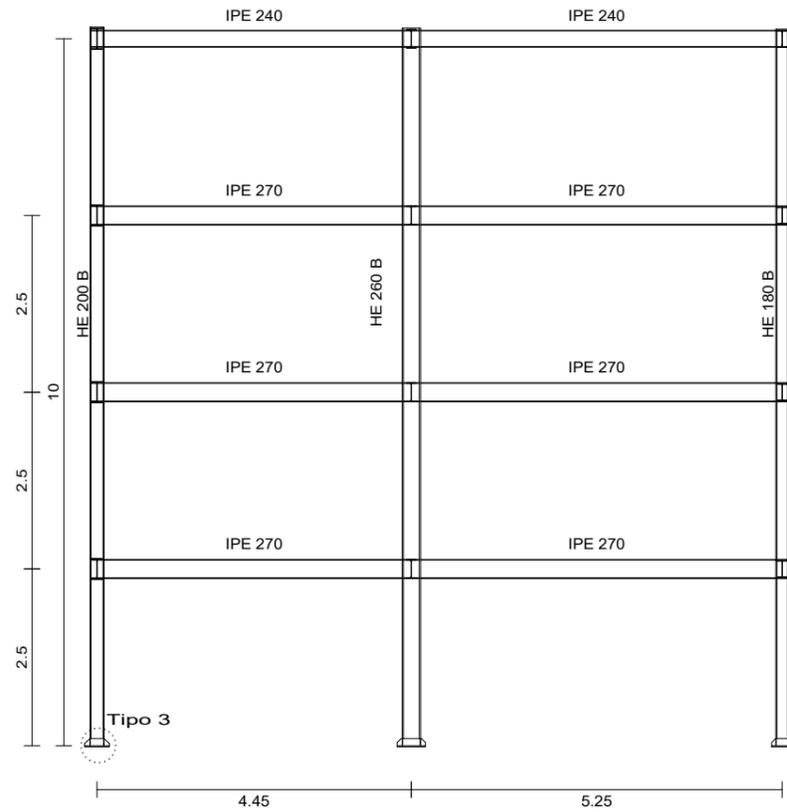
Escala:

1:100

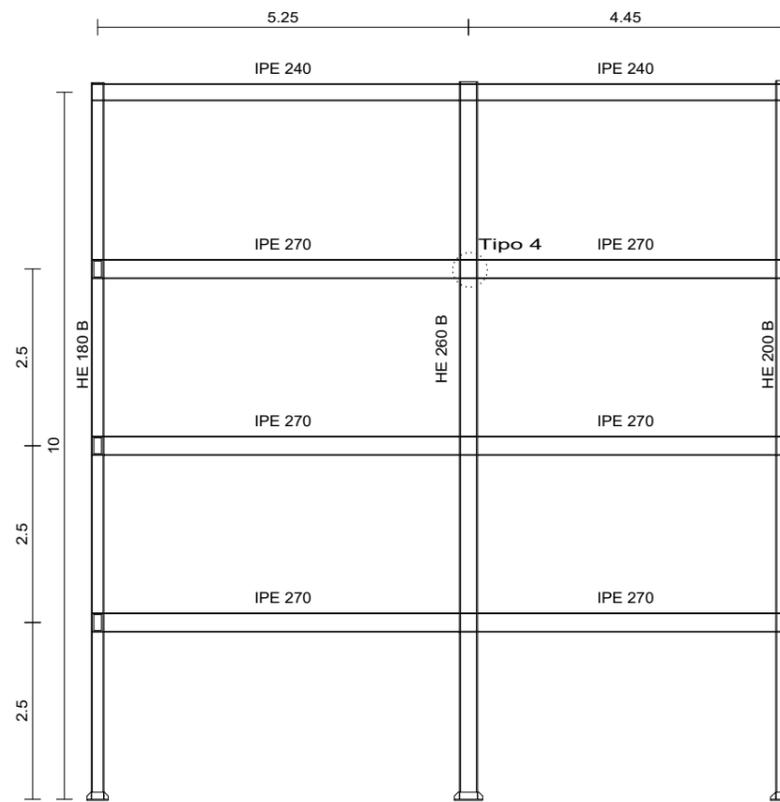
Nº Plano:

10

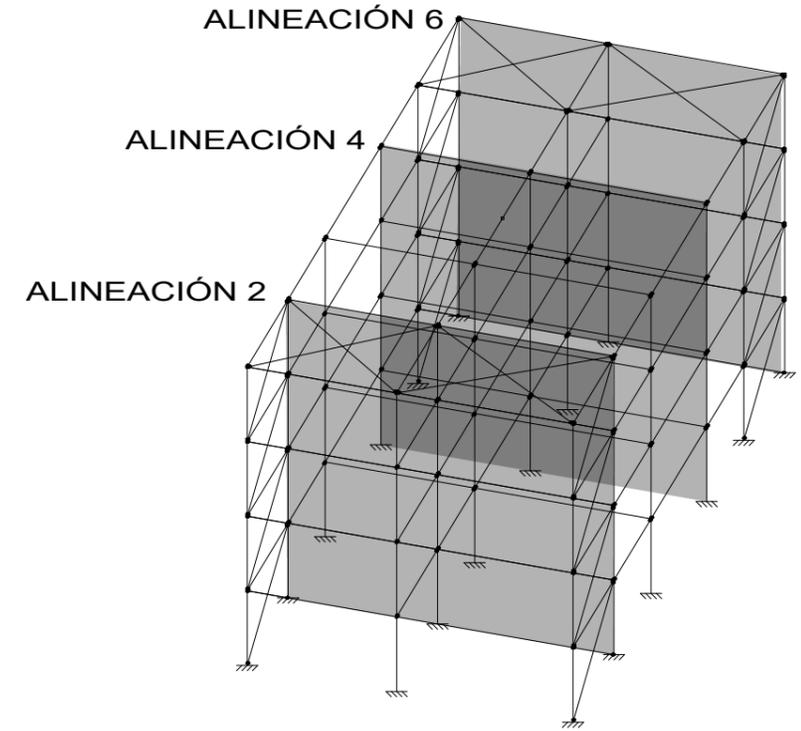
ALINEACIONES 2 Y 5



ALINEACIONES 1 Y 6

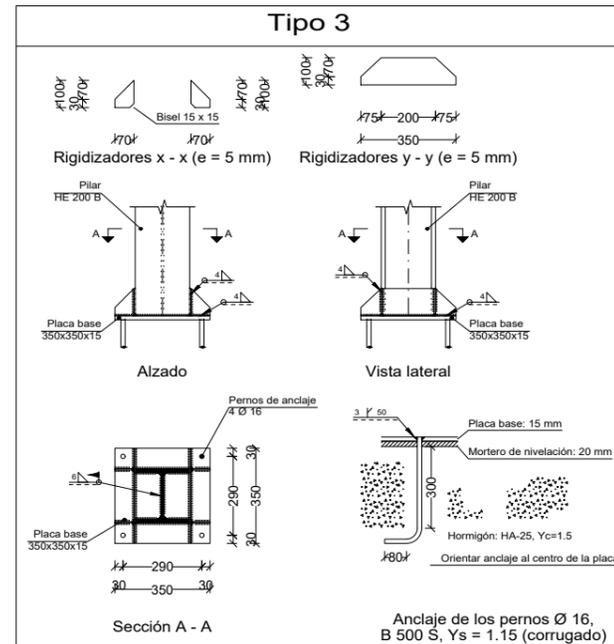
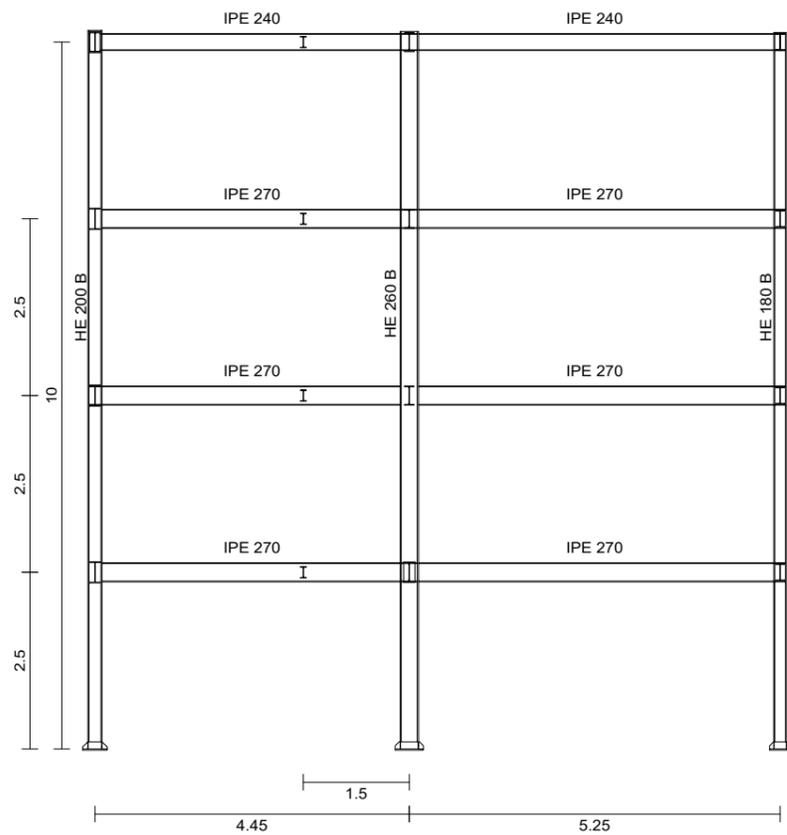


*Cotas en metros

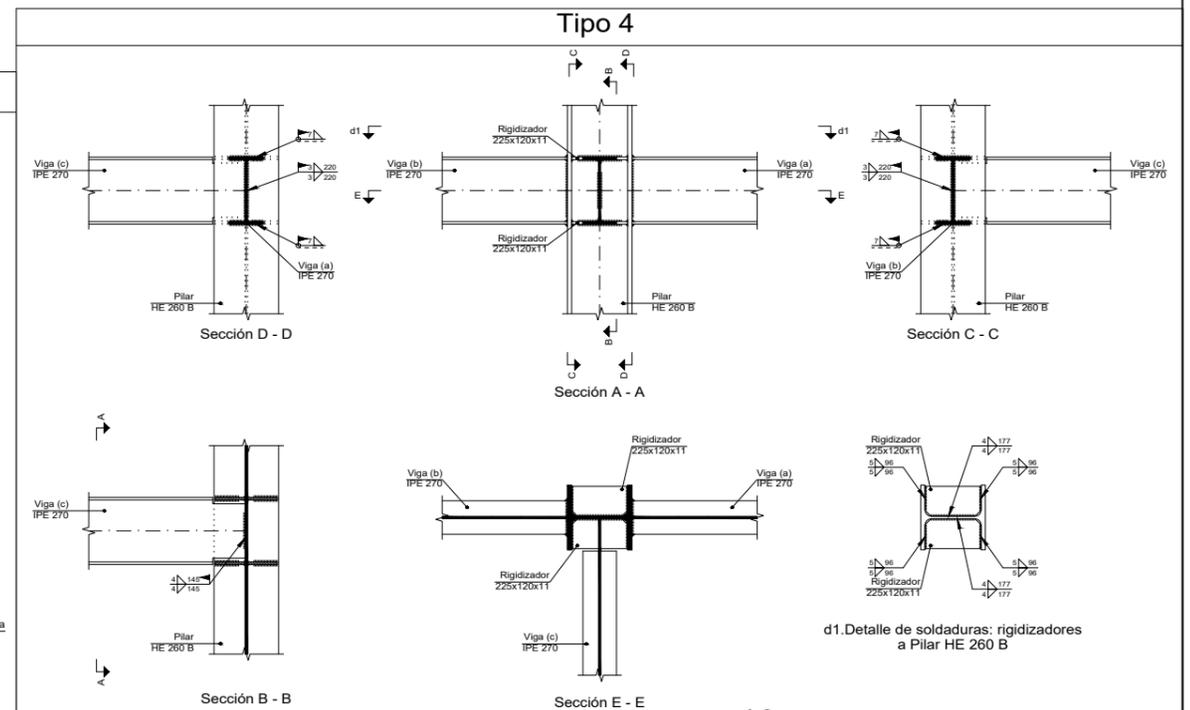


Norma de acero laminado: CTE DB SE-A
Acero laminado: S275

ALINEACIONES 3 Y 4



Escala: S/E



*Cotas en milímetros

Escala: S/E

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto:

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN EDIFICIO DE APARTAMENTOS RURALES DE CUATRO ALTURAS, CON UNA SUPERFICIE DE 188 m² POR PLANTA, SITUADO EN SEGORBE (CASTELLÓ)

Plano:

Estructura metálica. Alineaciones 1 a 6

Autor:

Paula De Los Desamparados Resino Borja

Fecha:

Septiembre 2019

Escala:

1:100

Nº Plano:

11