



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA
PREFABRICADA DE UN CENTRO
DOCENTE UTILIZANDO
CONEXIONES HÍBRIDAS
VIGA-PILAR DE ALTA DUCTILIDAD**

Alumno: Rocío de las Mercedes Ruiz Castillo

Tutor: D. Jesús Donaire Ávila
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Octubre, 2018

TRABAJO FIN DE GRADO

TÍTULO DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD

INSTITUCIÓN: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES, UNIVERSIDAD DE JAÉN

TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

ALUMNA: ROCÍO DE LAS MERCEDES RUIZ CASTILLO

TUTOR: JESÚS DONAIRE ÁVILA

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA Y MINERA

TABLA DE CONTENIDO

1	Resumen.....	4
2	Introducción	5
3	Objetivos	8
4	Métodos de cálculo	9
5	Definición del edificio prototipo.....	11
5.1	Introducción	11
5.2	Encuadre geográfico, geológico y geotécnico.	11
5.2.1	Coeficiente de balasto	12
5.2.2	Parámetros sísmicos.....	13
5.3	Definición del edificio prototipo.....	16
5.4	Datos del edificio.....	18
5.4.1	Geometría del centro docente.....	18
5.4.2	Materiales empleados.....	19
5.4.3	Bases de cálculo. Método de los Estados Límite	19
5.4.4	Acciones	20
5.4.5	Coeficientes de ponderación, γ_i , y simultaneidad, Ψ_i	21
5.5	Predimensionamiento	22
5.5.1	Cargas de proyecto.....	22
5.5.2	Cimentación	23
5.5.3	Forjados.....	26
5.5.4	Pilares.....	26
5.5.5	Vigas.....	27
6	Análisis estructural	29
6.1	Análisis lineal de la estructura.....	29
6.2	Cálculo por capacidad.....	30
6.2.1	Descripción del pórtico analizado.....	31
6.2.2	Cálculo de acciones	32
6.2.3	Método de cálculo simplificado de la NCSE-02.	34

6.2.4	Verificación del mecanismo de colapso tipo pilar fuerte-viga débil	36
7	Análisis de uniones dúctiles en la junta pilar-viga	64
7.1	Conexión híbrida viga-pilar: montaje con sistema pretensado posteso ...	65
7.2	Cálculo de la sección híbrida	68
7.2.1	Estimación de la fuerza de pretensado inicial.....	68
7.2.2	Cuantía de acero pasivo.	69
7.2.3	Armado de vigas en la unión pilar-viga	70
7.2.4	Longitud de enfundado de acero pasivo.....	71
8	Análisis comparativo con el método constructivo tradicional	74
8.1	Estudio de Costes Directos	74
8.2	Estudio de Costes Indirectos.....	74
8.2.1	Planificación técnica.....	76
9	CONCLUSIONES	82
	ANEXO I PLANOS	83
	ANEXO II ESTUDIO ECONÓMICO.....	104
	Referencias Bibliográficas.....	132

1 RESUMEN

En la actualidad, la investigación de nuevos métodos constructivos se enfoca cada vez más, en la optimización de recursos económicos y ambientales, y en la reducción de los tiempos de ejecución que repercuten directamente sobre los anteriores. Sin embargo, en España, más del 90% de las edificaciones de nueva planta siguen construyéndose por métodos tradicionales.

Como alternativa a la construcción tradicional, basada en estructuras de hormigón armado y forjados reticulares, construidas “in situ”, este Estudio Técnico aborda la construcción basada en estructuras prefabricadas, y pretende fundamentar su viabilidad, y las ventajas que presenta frente a la ya mencionada, construcción tradicional.

El principal inconveniente de las estructuras prefabricadas es su sensibilidad a los desplazamientos laterales bajo acciones como viento o sismo, de modo que, este tipo de estructuras no son recomendables en zonas de viento o sismicidad elevadas. salvo que se utilicen sistemas específicos que absorban la mayor parte de esfuerzos que generan.

Como solución, en el caso que nos ocupa, se analiza el uso de técnicas de proyecto y montaje de conexiones híbridas viga-pilar de alta ductilidad, en concreto, de tipo acero pasivo y pretensado. Mediante ésta técnica se consigue desplazar la zona de plastificación de la unión viga-pilar, evitando la concentración de daño en la propia unión.

Además, se estudia la planificación técnica y económica de la estructura propuesta y se realiza un análisis comparativo con el método constructivo tradicional con el fin de avalar técnicamente la optimización de recursos del método.

2 INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Fin de Grado, con carácter de Estudio Técnico, ha sido redactado por Rocío de las Mercedes Ruiz Castillo, alumna de la E.P.S. de Linares de la Universidad de Jaén, en cumplimiento del Plan Docente actual de la titulación de Ingeniería Civil.

El estudio se enmarca en una temática general basada en estructuras de elementos prefabricados sometidas a acciones laterales de sismo. Concretamente, está basado en un edificio prototipo de índole docente de cuatro plantas de altura, localizado en la ciudad de Granada, cuya sismicidad se considera moderada-elevada siendo por tanto una zona no indicada para la construcción de estructuras prefabricadas.

El principal rasgo de diferenciación de éste Estudio Técnico radica en el empleo de conectores de alta ductilidad. En general, las estructuras de tipología clásica con vigas articuladas no suelen emplearse en zonas donde la acción sísmica es importante debido a su baja ductilidad, a su concentración de tensiones en la base de los pilares y a los elevados desplazamientos laterales que experimentan, **Fig 1**. Sin embargo, el empleo de conectores de alta ductilidad en la unión viga-pilar puede dotar a la estructura de capacidad sismoresistente, **Fig. 2**.

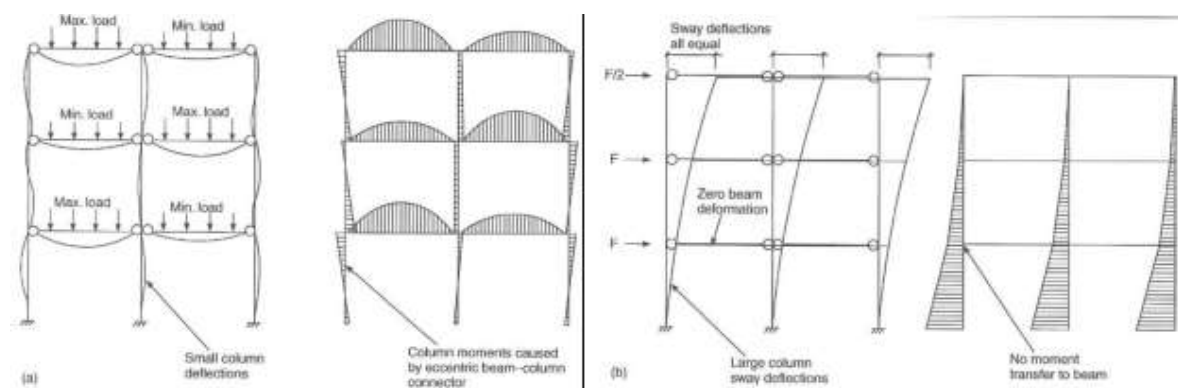


Figura 1: Leyes de desplazamientos y flectores en estructuras articuladas.

(a) Bajo cargas gravitatorias, (b) Bajo cargas laterales.

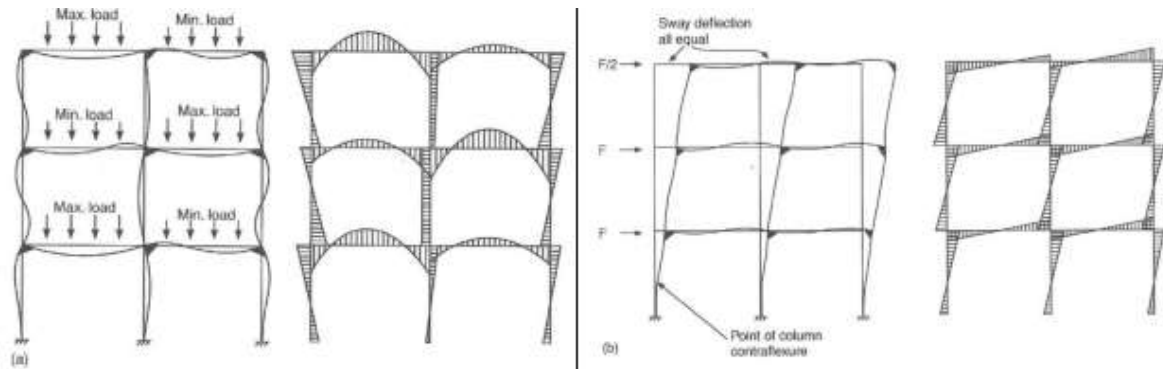


Figura 2: Leyes de desplazamientos y flectores en estructuras con uniones elasto-plásticas.

(a) Bajo cargas gravitatorias, (b) Bajo cargas laterales.

Este estudio plantea el uso de conexiones dúctiles viga-pilar de tipo híbrida (acero pasivo y acero activo pretensado), donde las vigas se conectan a los pilares mediante tendones de acero pretensado, pasantes a través del pilar, y embebidos en vainas sin inyectar (con capacidad de retesado). La armadura pasiva (acero corrugado) de la viga se puede plantear pasante, **Fig.3 (a)**, o no pasante a través del pilar, **Fig. 3 (b)**, teniendo la armadura pasiva pasante capacidad de disipar energía al plastificar.

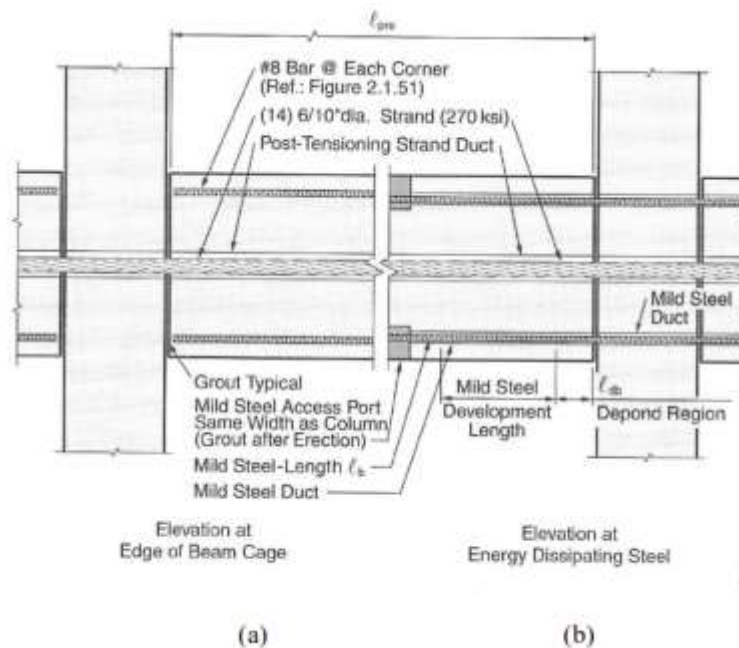


Figura 3: Conexión híbrida con cable de pretensado.

(a) Caso de solo armadura activa pasante.

(b) Caso de armadura activa y pasiva pasantes.

En base a éstas premisas, se redacta el presente documento cuyo esquema de trabajo es el siguiente:

1. Definición del edificio prototipo (geotecnia, geometría, ...)
2. Predimensionamiento de elementos estructurales.
3. Análisis lineal de la estructura mediante el método matricial.
4. Cálculo por capacidad mediante el método de trabajos virtuales.
5. Análisis de uniones prefabricadas.
6. Planificación técnica y económica.
7. Comparativa con el método constructivo tradicional.

3 OBJETIVOS

Ampliando los objetivos expuestos en la propuesta de TFG presentada a la Comisión, se presenta una relación detallada de los mismos para una fácil visualización del lector:

- Avalar técnicamente la viabilidad de las estructuras de edificación prefabricadas en zonas sometidas a acciones laterales como viento o sismo.
- Avalar las ventajas estructurales del empleo de mecanismos de alta capacidad de disipación de energía en estructuras de edificación situadas en zonas de sismicidad elevada.
- Fundamentar el mecanismo de colapso tipo pilar fuerte-viga débil mediante el empleo de conexiones híbridas de alta ductilidad y respaldarlo con un análisis por capacidad de la estructura.
- Presentar las ventajas que el sistema estructural prefabricado ofrece en la planificación constructiva de edificaciones y en la trazabilidad de los elementos constructivos y materiales empleados.
- Determinar la viabilidad económica de las estructuras prefabricadas, mediante una comparación económica con el sistema de construcción tradicional.

4 MÉTODOS DE CÁLCULO

El cálculo de la estructura del presente Estudio Técnico sigue los parámetros establecidos en la normativa de aplicación, como son la Instrucción de Hormigón Estructural [1], EHE-08, el Código Técnico de la Edificación [2], CTE, la Norma de Construcción Sismoresistente NCSE-02 [3], o la normativa del American Concrete Institute, [4] (ACI 318M-11).

El proceso de cálculo se divide en diferentes fases con objeto de verificar los diferentes objetivos del estudio. Inicialmente se presenta un predimensionado de los elementos estructurales principales, basado en las directrices marcadas por la EHE-08 [1] y cuyo cálculo se realiza de forma manual.

Éste predimensionado sirve de base para realizar un análisis matricial de la estructura mediante el software CypeCAD [5]. El análisis matricial se basa en el Método de la Rigidez a su vez fundamentado en la Teoría de la Elasticidad. En el sentido más clásico, este tipo de análisis busca establecer las condiciones de resistencia y rigidez de la estructura a través de la resistencia de los materiales y la Teoría de la Elasticidad. CypeCAD [5], establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad, y tomando la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, simulando el comportamiento rígido del forjado e impidiendo desplazamientos relativos entre sus nudos (concepto de diafragma rígido). De este modo, conseguimos un primer armado de los elementos estructurales basado en el análisis modal espectral establecido por la NCSE-02 [3], y por tanto un cálculo de primer orden de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos.

Posteriormente, realizamos un “análisis por capacidad”, basado en un estudio del equilibrio de nudos mediante el Método de los Trabajos Virtuales. Para ello, analizamos la capacidad última a flexión, de las secciones facilitadas por CypeCAD [5] y la sometemos a estudio con el fin de contrastar los resultados obtenidos, por diferentes métodos de cálculo, con el comportamiento real de las secciones. Se emplean los siguientes métodos de obtención:

- **Método 1:** valores extraídos del cálculo inicial desarrollado en CypeCAD [5].

- **Método 2:** cálculo manual de los valores de capacidad última a flexión de las rótulas plásticas de la estructura, localizadas en la base de pilares y extremos de vigas.
- **Método 3:** análisis seccional basado en el armado de referencia de CypeCAD [5], mediante el software Response2000[6] desarrollado por la Universidad de Toronto. Éste medio nos permite analizar el comportamiento de una determinada sección bajo una carga dada.

Este análisis pretende verificar el mecanismo de colapso pilar fuerte-viga débil ante una situación extrema de sismo.

Finalmente se presenta el cálculo y dimensionado manual de la unión pilar-viga híbrida, con la que se pretende dotar de capacidad sismoresistente a la estructura.

Todo el proceso se realiza con ayuda de los siguientes soportes informáticos:

- Software CypeCAD [5] como programa de cálculo principal, especializado en el cálculo de estructuras de hormigón con capacidad para el análisis de estructuras sometidas tanto a acciones gravitatorias como de viento, sismo, nieve y resistencia al fuego, tomando como referencia la normativa aplicable.
- Software AutoCAD [7] como soporte de dibujo, para la representación del soporte gráfico que acompaña al texto, como planos, detalles o gráficos.
- Software Response 2000 [6] de la Universidad de Toronto, especializado en el análisis de la capacidad y ductilidad de secciones de hormigón bajo unos esfuerzos dados.
- Microsoft Excel [8], como complemento al programa de cálculo, para la gestión de cálculos sencillos y la generación de gráficas.
- Microsoft Project [9], como programa de gestión de proyectos para representar la planificación técnica de obra.
- Presto [10], como programa especializado en la generación de presupuestos, para representar la planificación económica del proyecto.

5 DEFINICIÓN DEL EDIFICIO PROTOTIPO.

5.1 Introducción

Los puntos que continúan, describen detalladamente el edificio objeto de estudio, así como los factores ambientales, requisitos y prescripciones técnicas que han servido de base para su predimensionamiento y cálculo.

La estructura objeto del presente estudio corresponde a un edificio prototipo de uso docente, con una altura de cuatro plantas sobre rasante (PB + 3), con cubierta transitable. El edificio se sitúa en la ciudad de Granada, en un emplazamiento no expuesto a fuertes vientos, sobre un suelo cohesivo firme. En planta, está formada por un conjunto de tres módulos rectangulares dispuestos ortogonalmente entre sí, a modo de “T” invertida y excéntrica. Se trata de una estructura porticada constituida por una retícula de pilares y vigas de hormigón armado con forjado unidireccional de placas alveolares de 7,5 metros de luz. Las distribuciones de las plantas pueden consultarse en los *Planos 3.1 a 3.3* del Anexo I a este documento.

El procedimiento de construcción planteado se aleja del método clásico basado en el hormigonado “in situ”, y propone la ejecución de una estructura prefabricada dotada de capacidad de respuesta sísmica mediante el empleo de conectores dúctiles de alta capacidad de disipación de energía.

5.2 Encuadre geográfico, geológico y geotécnico.

Se ha seleccionado la ciudad de Granada como emplazamiento del edificio prototipo debido a sus características geográficas, geológicas y geotécnicas, y en particular, a su sismicidad.

De forma general, la ciudad de Granada se encuentra enclavada dentro de las Cordilleras Béticas las cuales forman, junto con las Cordilleras del Rif del norte de África, el segmento más occidental de las grandes cadenas alpinas europeas. En conjunto, se trata de una región inestable afectada en parte del Mesozoico y durante gran parte del Terciario de fenómenos tectónicos mayores. En la actualidad, la actividad sísmica de la cuenca de Granada es la mayor de la Península Ibérica, siendo una localización ideal para el estudio que se desarrolla.

Su geología local se reproduce en la Hoja 1009 “Granada”, **Fig. 4**, del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 publicado por el Instituto Geológico Nacional (IGN), [11].

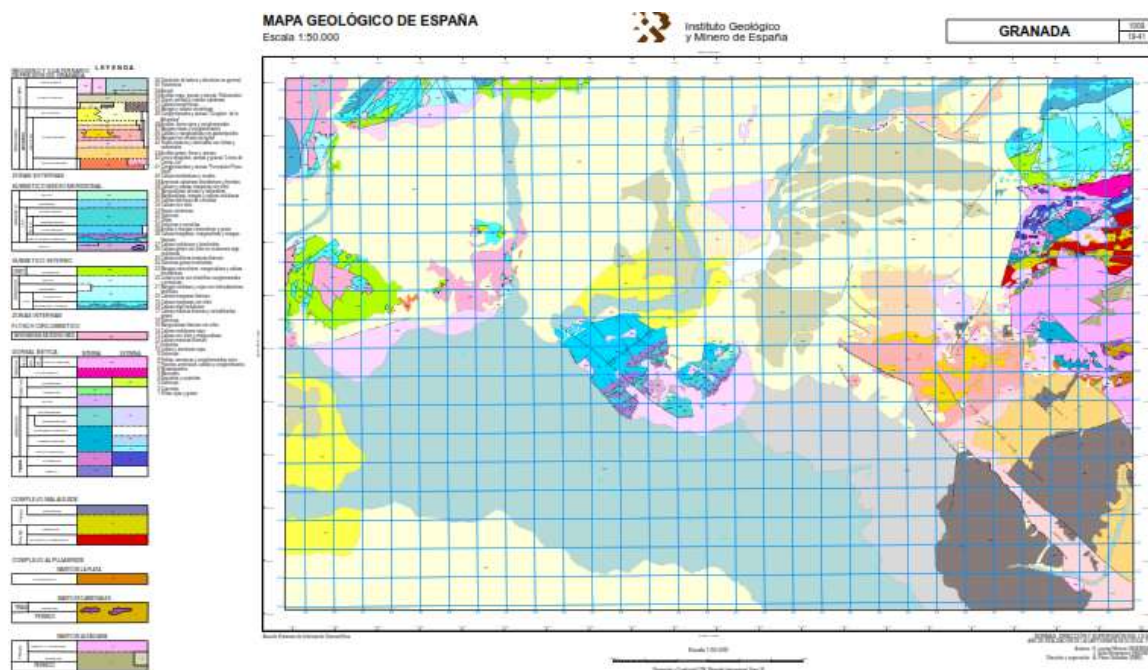


Figura 4: Reproducción de mapa geológico publicado por el IGN. Hoja 1009 “Granada”

Los materiales que aparecen en la zona de estudio son sedimentos aluviales con gran desarrollo de llanura de inundación del Pleistoceno, que se ordenan en secuencia positiva (gravas y arenas, limos y arcillas) con predominio de la fracción fina.

Geotécnicamente, se identifica un primer nivel de rellenos en torno a 50 centímetros de profundidad, consistente en arenas finas limosas con bastantes cantos e indicios cerámicos, continuado por un segundo nivel consistente en limos arcillosos, arenas y conglomerados que dotan al terreno de una compacidad creciente a medida que se profundiza. Éste segundo nivel servirá de base al cimiento de nuestra edificación.

5.2.1. Coeficiente de balasto

Mediante del Método de Winkler (1908), podemos estudiar la interacción entre el terreno y los elementos de cimentación a través de un coeficiente K, llamado módulo de balasto definido mediante el ensayo placa carga, para placas de 30x30 cm y 60x60 cm.

De este modo pueden obtenerse leyes de presiones en el contacto de la cimentación con el suelo, para finalmente, dimensionar adecuadamente los elementos estructurales.

Sin embargo, el módulo de balasto no es un parámetro intrínseco al terreno, sino que también depende de las dimensiones en planta de la cimentación. Empleando la formulación de Terzaghi (1955), en suelos cohesivos se puede estimar el módulo de balasto mediante la siguiente expresión:

- Coeficiente de balasto para placa de 30x30 cm.

$$K_{30} = 6 \frac{kg}{cm^3} = 60.000 \frac{kN}{m^3} \quad (1)$$

Según las tablas publicadas por Terzagui (1955):

		K_{30}
Arcillas	<i>Blanda</i>	0,8
	<i>Media</i>	2,5
	<i>Compacta</i>	10

Tabla 1: Valores de K_{30} , propuestos por Terzagui en Kg/cm^3 (1955)

Se propone un valor K_{30} de 6 kg/cm^3 , que se corresponde con los valores propuestos por Terzaghi para unas arcillas de medias a compactas.

- Coeficiente de balasto para placa de lado b:

$$K_b = K_{30} \cdot \frac{0,30}{b} = 60.000 \frac{kN}{m^3} \cdot \frac{0,30 \text{ m}}{37,90 \text{ m}} = 474,93 \frac{kN}{m^3} \quad (2)$$

- Coeficiente de balasto para zapatas de dimensiones b x l:

$$K_{b,l} \left(\frac{kN}{m^3} \right) = \frac{2}{3} K_b \cdot \left(1 + \frac{b}{2L} \right) = \frac{2}{3} \cdot 474,93 \frac{kN}{m^3} \cdot \left(1 + \frac{37,90 \text{ m}}{2 \cdot 19,40 \text{ m}} \right) = 625,90 \frac{kN}{m^3} \quad (3)$$

5.2.2. Parámetros sísmicos

La ciudad de Granada, sita en una zona de sismicidad moderada-elevada típica del arco mediterráneo, posee una aceleración sísmica básica de la superficie del terreno de $0,23\text{ g}$, según la “Norma de Construcción Sismoresistente: Parte general y edificación, NCSE-02” [3].

La Norma de Construcción Sismoresistente (NCSE-02) [3], es de aplicación a los proyectos de construcciones de edificaciones de nueva planta cuando sean considerados de importancia normal y la aceleración sísmica básica del suelo, a_b , sea igual o mayor a $0,04\text{ g}$, siendo g la aceleración de la gravedad.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica, **Fig. 5**. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g , la aceleración sísmica básica, a_b , valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, y del coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de sismos esperados en cada punto del territorio.

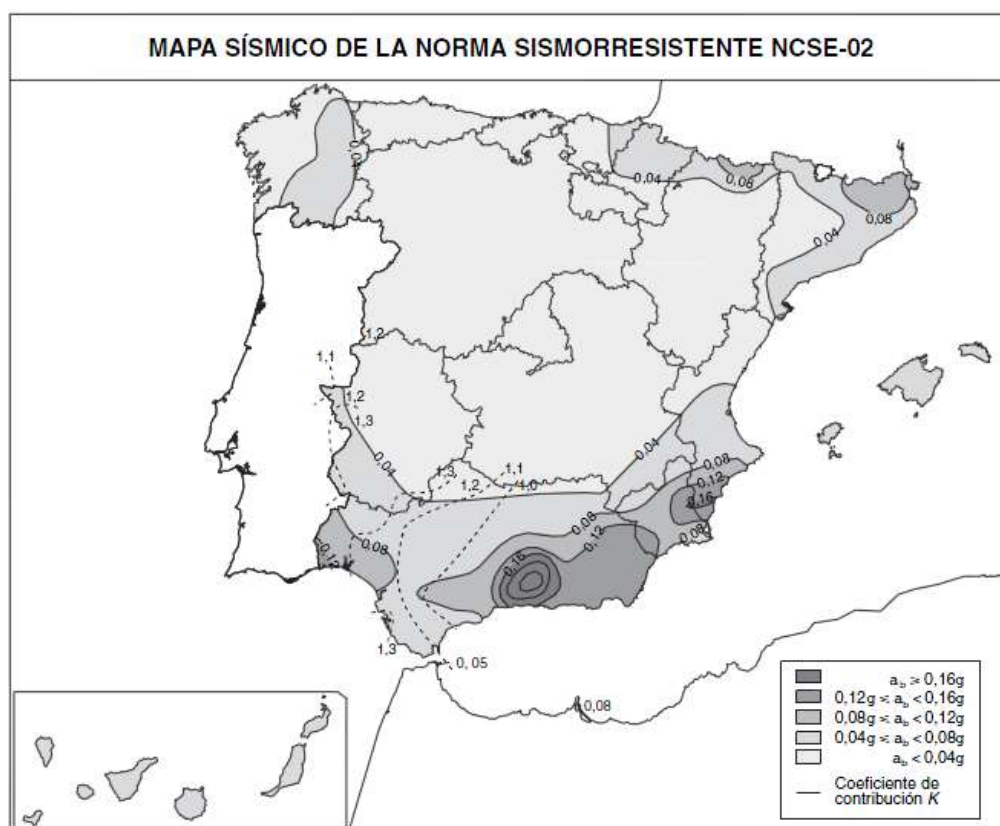


Figura 5: Mapa de peligrosidad sísmica.

La aceleración sísmica básica de la ciudad de Granada y del Coeficiente de Contribución, K, definidos en el Anejo 1 de la NCSE-02 [3], son:

Provincia de Granada				
Agrón	0,24	(1,0)	Dólar	0,13 (1,0)
Alamedilla	0,09	(1,0)	Dúdar	0,21 (1,0)
Albolote	0,23	(1,0)	Dúrcal	0,22 (1,0)
Albondón	0,14	(1,0)	Escúzar	0,25 (1,0)
Albuñán	0,13	(1,0)	Ferreira	0,13 (1,0)
Albuñol	0,14	(1,0)	Fonelas	0,10 (1,0)
Albuñuelas	0,22	(1,0)	Freila	0,11 (1,0)
Aldeire	0,13	(1,0)	Fuente Vaqueros	0,23 (1,0)
Alfacar	0,22	(1,0)	Gabias, Las	0,24 (1,0)
Algarinejo	0,12	(1,0)	Galera	0,12 (1,0)
Alhama de Granada	0,23	(1,0)	Gobernador	0,10 (1,0)
Alhendín	0,24	(1,0)	Gójar	0,24 (1,0)
Alicún de Ortega	0,08	(1,0)	Gor	0,12 (1,0)
Almegijar	0,15	(1,0)	Gorafe	0,10 (1,0)
Almuñécar	0,16	(1,0)	Granada	0,23 (1,0)
			Guadahortuna	0,09 (1,0)
			Guadix	0,12 (1,0)

Figura 6: Representación del Anejo 1 de la NCSE-02 [3], valores de aceleración sísmica y coeficiente de contribución en la ciudad de Granada

La aceleración sísmica de cálculo, a_c , se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 1,16 \cdot 1 \cdot 0,23g = 2,61 \quad (4)$$

Donde:

S : Coeficiente de amplificación del terreno, toma el valor:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) = \\
 &= \frac{1,6}{1,25} + 3,33 \left(1 \cdot \frac{0,23g}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{1,6}{1,25} \right) = 1,16
 \end{aligned} \quad (5)$$

C : Coeficiente del terreno. Los suelos cohesivos de consistencia firme a muy firme son considerados de Tipo III, según el artículo 2.4. de la NCSE-02 [3], con un Coeficiente C de 1,6 (Tabla 2.1, Coeficientes del terreno).

ρ : Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad de que se exceda a_c en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción. En construcciones de importancia normal toma el valor de $\rho=1$.

a_b : Aceleración sísmica básica definida anteriormente como $0,23 g$

De forma resumida, los parámetros sísmicos obtenidos son:

Parámetros Sísmicos	Valor	Unidades
Aceleración sísmica básica, a_b	0,23 g	m/s ²
Aceleración sísmica de cálculo, a_c	2,61	m/s ²
Coeficiente del terreno, C (Terreno Tipo III)	1,6	-
Coeficiente de amplificación del terreno, S	1,16	-
Coeficiente adimensional de riesgo, ρ (para construcciones de importancia normal)	1	-

Tabla 2. Parámetros sísmicos en la ciudad de Granada

5.3 Definición del edificio prototipo

El edificio prototipo, de uso docente, consta de planta baja más cuatro alturas incluyendo cubierta transitable. Su altura total es de 14,70 m, aproximadamente, con una superficie en planta de 1600 m².

La planta irregular del edificio y su longitud han requerido que la estructura se proyecte en tres módulos estructurales independientes, con objeto de que sea capaz de absorber adecuadamente los cambios de volumen producidos por los fenómenos térmicos de dilatación y contracción derivados del entorno, y para que las acciones laterales que puedan afectarle, generen un movimiento uniforme en el conjunto. Dichos módulos se proyectan obedeciendo a una morfología rectangular que facilita su ortogonalidad. La distribución estructural puede consultarse en los *Planos 2.1 y 3.2* del Anexo I a este documento.

El diseño del centro docente se ha proyectado atendiendo a las disposiciones del *R.D. 132/2010, de 12 de febrero, por el que se establecen los requisitos mínimos de los centros que impartan las enseñanzas del segundo ciclo de la educación infantil, la educación primaria y secundaria [13]*, así como a la *Orden de 24 de enero de 2003 de la Consejería de Educación y Ciencia por la que se aprueban las “Normas de Diseño y Constructivas para los edificios de uso docente” [14]*.

El edificio prototipo ha sido diseñado atendiendo a las especificaciones de los centros docentes con denominación de Colegios de Educación Primaria, según el Art. 111 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación [15].

Los requisitos relativos a las instalaciones son:

- Situar en edificios independientes, destinados exclusivamente a uso escolar, (...).
 - Reunir las condiciones de seguridad estructural, seguridad en caso de incendio, de seguridad de utilización de salubridad, de protección frente al ruido y de ahorro de energía que señala la legislación vigente.
 - Tener, en los espacios que se desarrolle la práctica docente ventilación e iluminación natural y directa desde el exterior.
 - Disponer de las condiciones de accesibilidad y supresión de barreras exigidas por la legislación relativa a las condiciones básicas de accesibilidad universal y no discriminación de personas con discapacidad, sin perjuicio de los ajustes razonables que deban adoptarse.
 - Disponer como mínimo de los siguientes espacios e instalaciones:
 - Despachos de dirección, de actividades de coordinación y de orientación.
 - Espacios destinados a la administración.
 - Sala de profesores adecuada al número de profesores.
 - Espacios apropiados para las reuniones de las asociaciones de alumnos y de madres y padres de alumnos, en el caso de centros sostenidos con fondos públicos.
 - Aseo y servicios higiénico-sanitarios adecuados al número de puestos escolares, a las necesidades del alumnado y del personal educativo del centro, así como adaptados para personas con discapacidad.
 - Espacios necesarios para impartir los apoyos al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo.
- Además, los centros de educación primaria deberán contar, como mínimo, con las siguientes instalaciones:
- a) Un aula por cada unidad con una superficie adecuada al número de alumnos escolarizados y en todo caso, con un mínimo de 1,5 m² por puesto escolar.
 - b) Un espacio por cada seis unidades para desdoblamiento de grupos y otro para actividades de apoyo y refuerzo pedagógico.
 - c) Una sala polivalente, con una superficie adecuada al número de puestos escolares autorizados, que podrá compartimentarse con mamparas móviles.

5.4 Datos del edificio

5.4.1 Geometría del centro docente

El centro docente está formado por tres módulos estructurales independientes, separados por juntas de dilatación, con una superficie total en planta de 1.600 m² aproximados y una altura máxima sobre rasante de 14,70 m.

La Fig. 7, representa esquemáticamente los módulos mencionados.



Figura 7: *Conjunto estructural que configura el edificio.*

A continuación, se relacionan los datos geométricos del conjunto:

Módulos	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m ²)
Módulo 1	37,90	19,40	735
Módulo 2	43,40	15,45	668
Módulo 3	19,40	9,95	193

Tabla 3: Geometría de los módulos estructurales que forman el conjunto.

Planta	Altura (m)	Cota (m)
Planta de cubierta	3,00	+ 14,70
Planta tercera	3,60	+ 11,10
Planta segunda	3,60	+ 7,50
Planta primera	3,60	+ 3,90
Planta baja	3,90	0,00

Tabla 4: Altura libre de plantas y cota sobre rasante

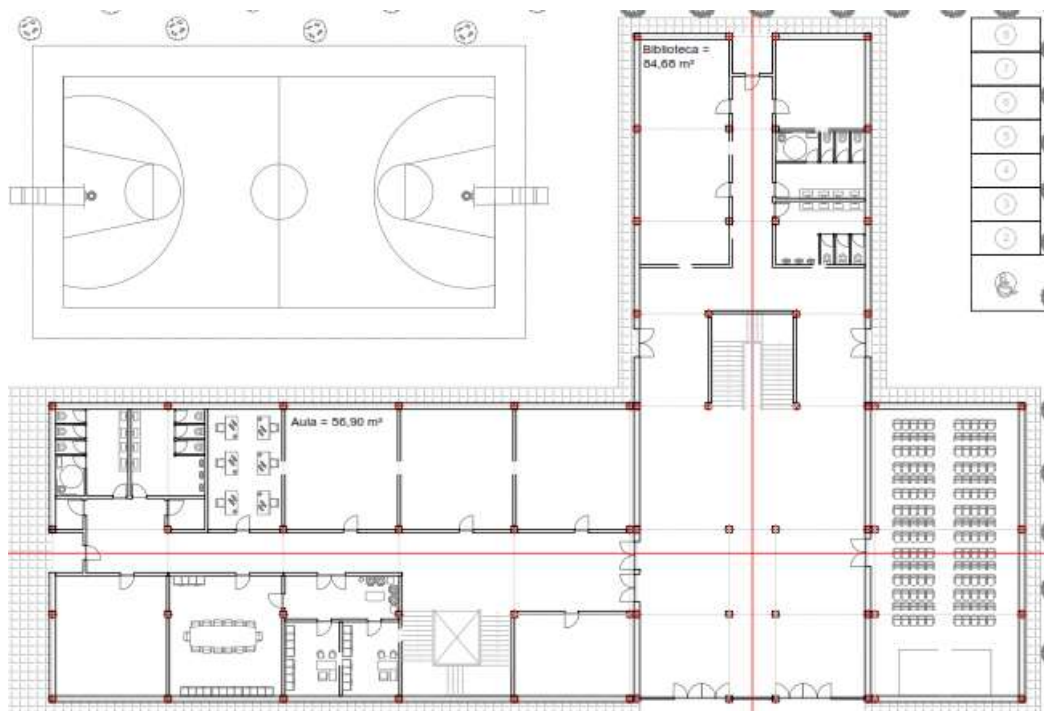


Figura 8: Vista general del conjunto, extraída del plano 2.1.

5.4.2 Materiales empleados

Elemento estructural	Hormigón	f_{ck} (N/mm ²)
Losa de cimentación	HA-25	25
Forjados (Placa alveolar)	HA-40	40
Pilares y vigas	HA-25	25
Muros	HA-25	25
Hormigón in situ (capa de compresión)	HA-25	25

Tabla 5: Tipo de hormigón según elemento estructural

Elemento estructural	Acero	f_{yk} (N/mm ²)
Acero en barras	B500S	500

Tabla 6: Tipo de acero

5.4.3 Bases de cálculo. Método de los Estados Límite

Utilizamos la comprobación estructural mediante cálculo como garantía de seguridad de la estructura basándonos en el Método de los Estados Límite propuesto por Instrucción Estructural de Hormigón, EHE-8 [1].

Se definen como Estados Límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para las que ha sido proyectada. Debe comprobarse que la estructura no supere ninguno de los Estados Límite considerados en proyecto. Son de aplicación al presente estudio los siguientes Estados Límite:

ESTADOS LÍMITE DE PROYECTO
E.L.U. de rotura. Hormigón
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentación
Tensiones sobre el terreno
Desplazamientos

Tabla 7: Estados límite considerados

El Estado Límite Último, engloba toda aquella situación que produce el fallo de la estructura, por pérdida de equilibrio, colapso o rotura, total o parcial, de la misma, como se define en el Art. 8.1.2 de la EHE-08 [1].

5.4.4 Acciones

El valor de las acciones a considerar en el cálculo, se determina mediante la combinación de acciones correspondiente a una situación particular. Se consideran las siguientes situaciones a partir de las expresiones:

- *Situación persistente o transitoria*

Con coeficiente de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki} \quad (6)$$

Sin coeficiente de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_p P_k + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} Q_{ki} \quad (7)$$

- *Situación extraordinaria: caso de sismo*

Con coeficiente de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{AE} A_E + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki} \quad (8)$$

Sin coeficiente de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{AE} A_E + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki} \quad (9)$$

donde:

G_k : Acción permanente

P_k : Acción del pretensado

Q_k : Acción variable

A_E : Acción sísmica

γ_G : Coeficiente parcial de seguridad para acciones permanentes

γ_P : Coeficiente parcial de seguridad para acción del pretensado

$\gamma_{Q,1}$: Coeficiente parcial de seguridad para acciones variables de acompañamiento

$\gamma_{Q,i}$: Coeficiente parcial de seguridad para acciones variables de acompañamiento

γ_{AE} : Coeficiente parcial de seguridad para acciones sísmicas

$\Psi_{p,1}$: Coeficiente parcial de seguridad para la acción variable principal

$\Psi_{p,1}$: Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

5.4.5 Coeficientes de ponderación, γ_i , y Coeficientes de simultaneidad, Ψ_i

Los coeficientes de ponderación, γ_i sirven para determinar el valor de cálculo de cada acción de manera individual. Estos coeficientes serán mayor o menor que 1, dependiente de su efecto favorable o desfavorable en la combinación de carga analizada.

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 8: Coeficientes de ponderación

	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 9: Coeficientes de simultaneidad

5.5 Predimensionamiento

5.5.1 Cargas de proyecto

Se han determinado las acciones, de tipo permanente y variable, que actúan sobre el edificio para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio establecidos en el CTE DBSE-AE [16].

El valor de las acciones consideradas se establece según marca el “Anejo C: Prontuario de Pesos y Coeficientes de rozamiento interno” del CTE DBSE-AE [16] y en catálogos técnicos de fabricantes especializados.

Como acciones de tipo permanente se han considerado:

- Peso propio de forjado, mediante placa alveolar de hormigón pretensado de espesor 35 cm: 4,41 kN/m² (valor extraído del catálogo de CypeCAD [5].
- Peso propio de hormigón de la capa de compresión del forjado de espesor 5 cm: su valor se incluye en el peso propio del forjado.
- Peso propio de pavimento mediante solería de baldosa hidráulica o cerámica de 5 cm de espesor: 0,80 kN/m²
- Peso propio de cerramientos de medianería fonoresistentes, mediante fábrica de ladrillo cerámico macizo: 0,77 kN/m²

$$q_{tab} = P \cdot P_{tab} \cdot \left(\frac{S_{tab.}}{S_{planta}} \right) = \left(18 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,72 \frac{m^3}{ml} \right) \cdot \left(\frac{45,1 m^2}{750 m} \right) = 0,77 \frac{kN}{m^2} \quad (10)$$

- Peso propio de cerramiento exterior mediante muro capuchino, desde Planta baja a planta tercera. 10 kN/ml
- Peso propio de peto de cubierta en Planta de cubierta, mediante fábrica de ladrillo perforado de medio pie y 1,2 m de altura: 1,80 kN/ml

Como acciones de tipo variable se considera la Sobrecarga de uso (SCU), cuyo valor define el Art. 3.1.1 del CTE DBSE-AE [16]. La Sobrecarga de Uso varía en función de la categoría de uso del edificio. En el caso que no ocupa se hace una diferenciación por plantas, ya que su uso varía de unas a otras: C1, “Zonas de acceso al público con mesas y sillas”, como:

- SCU en Planta Baja para categoría de uso B, “Zonas Administrativas”.
- SCU en Planta Primera a Planta Tercera para categoría de uso C1, “Zonas de acceso al público con mesas y sillas”.
- SCU en Planta Cubierta para categoría de uso G1, “Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente”.

La *Tabla 10*, representa los valores de proyecto adoptados:

CARGAS DE PROYECTO						
	PP_{PA} (kN/m ²)	PP_{HA-25} (kN/m ²)	PP_{PAV.} (kN/m ²)	PP_{C.I.} (kN/m ²)	PP_{C.E.} (kN/ml)	SCU (kN/m ²)
A. Permanentes	4,41	-	0,80	0,77	10,00	
A. Variables						
SCU_{PB}	-	-	-	-	-	2,00
SCU_{P1-P3}	-	-	-	-	-	3,00
SCU_{PC}	-	-	-	-	1,8	1,00

Tabla 10: Cargas de proyecto

5.5.2 Cimentación

Teniendo en cuenta la información geológica anteriormente expuesta, se considera adecuado cimentar la edificación de manera superficial mediante losa de cimentación de hormigón armado, debiendo quedar el canto de la cimentación empotrado en los limos arcillosos del nivel – 0,5 m en adelante.

Es sumamente importante, que la totalidad de la losa quede apoyada en el mismo tipo de material (en lo referente a litología y compacidad) para evitar la aparición de asientos diferenciales inadmisibles.

Se propone el cálculo del espesor de losa mediante los siguientes métodos:

- **Método 1:** Estimación en base a la relación entre el lado B de losa y el número de plantas del edificio.
- **Método 2:** Estimación del canto de losa atendiendo a la relación entre la altura del edificio y la luz entre pilares.
- **Método 3:** Estimación del canto de losa ideal en base a la rigidez de la cimentación.

Método 1

Orientación del canto de losas de rigidez intermedia según Rodríguez Ortiz, J.M. [17], para losas apoyadas en el terreno sin excavar, siendo B el lado de la losa.

N.º de plantas	Canto $h(m)$ para una longitud de losa		
	$B = 15 \text{ m}$	$B = 30 \text{ m}$	$B = 40 \text{ m}$
< 5	0,60	0,80	1,00
5-10	0,90	1,20	1,50
10-20	1,50	2,00	2,50

Tabla 11. Estimación del canto de losa, según Rodríguez Ortiz, J.M.

Atendiendo a este criterio, con los siguientes datos de proyecto:

- $N < 5$ plantas
- $B (m) = 38,00 \text{ m}$

Mediante interpolación lineal obtenemos un canto de losa, $h(m)$, de 0,95 m.

$$\text{Método 1} \rightarrow h = 0,95 \text{ m}$$

Método 2

Existe un criterio bastante extendido de considerar el canto de losa del orden del 5 al 10% de la luz entre pilares, es decir:

$$0,05 \leq \frac{h}{l_p} \leq 0,1 \quad (11)$$

No obstante, este criterio suele conducir a cimentaciones flexibles, poco recomendables por los elevados asientos diferenciales que experimentan. En todo caso, atendiendo a éste método, para una luz entre pilares de 7,5 m, obtenemos un canto de losa de 75 cm.

$$\text{Método 2} \rightarrow h = 0,75 \text{ m}$$

Método 3

Para la búsqueda de losas semirrígidas, una aproximación al canto ideal por condiciones de rigidez sería aquel que $8 < N < 25$, siendo N el parámetro de rigidez para losas de 30 a 40 metros, definido como:

$$N = \frac{E_{\text{suelo}}}{E_{\text{cimiento}}} \cdot \left(\frac{l}{h}\right)^3 \quad (12)$$

donde:

- $E_{\text{suelo}} = 10 \frac{N}{\text{mm}^2}$ (Arcillas compactas)
- $E_{\text{cimiento (HA-25)}} = 27.000 \frac{N}{\text{mm}^2}$
- $l = \text{longitud máxima de cimentación} = 37,50 \text{ m}$
- $h = \text{canto de losa}$

Para una rigidez de $N=25$, obtenemos un canto de losa de 92 cm.

$$\text{Método 3} \rightarrow h = 0,92 \text{ m}$$

En base a las diferentes aproximaciones realizadas y a las conclusiones que se obtienen de los diferentes espesores de losas obtenidos, se opta por un canto de losa de 95 cm apoyado sobre 10 cm de hormigón de limpieza, clasificando el cimiento como losa semirrígida.

$$h = 0,95 \text{ m}$$

Las losas de cimentación de rigidez intermedia generan una tensión de reacción con el terreno sensiblemente uniforme con ligeras concentraciones de carga en torno a los pilares.

5.5.3 Forjados

Como solución a los forjados y con el fin de conseguir un diafragma rígido que iguale las deformaciones que los elementos verticales pudieran sufrir, se propone un forjado de canto (35+5) cm, compuesto por placa alveolar pretensada de espesor 35 cm, de hormigón prefabricado HA-25, y capa de compresión de hormigón armado, de espesor 5 cm.

El canto del forjado se ha predimensionado según el Art. 50.2.2 de la EHE-08 [1], donde se propone una expresión para determinar el canto del forjado unidireccional cumpliendo con el estado límite de deformación y, por tanto, evitando la comprobación de flecha. La expresión propuesta por la EHE-08 [1], y empleada en el caso que nos ocupa es:

$$h_{\min} \geq \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \frac{L}{C} = 1,39 \cdot 1,06 \cdot \frac{7,5}{36} = 0,307 \text{ m} \quad (13)$$

donde:

- $\delta_1 = \sqrt{\frac{q}{7}} = \sqrt{\frac{13,48}{7}} = 1,39 \frac{kN}{m^2},$

siendo q la carga total del forjado sin mayorar, puesto que se está calculando en ELS.

- $\delta_2 = \left(\frac{L}{6}\right)^{1/4} = \left(\frac{7,5}{6}\right)^{1/4} = 1,06 \text{ m}$

- $L = \text{Luz de cálculo del forjado}$

- $C = 36, \text{ para Losas Alveolares pretensadas con cargas de tabiques o muros}$
según la tabla 50.2.2.1. b de la EHE – 08 [1]

Para cumplir con el canto mínimo de forjado que obtenemos, proponemos una placa alveolar de espesor 35 cm más una capa de compresión de hormigón HA-25, con armadura de reparto, de espesor 5 cm.

Tenemos, por tanto:

$$h_{\text{total}} = (30 + 5) \text{ cm} = 35 \text{ cm} > 30,7 \text{ cm} = h_{\min}$$

Cumplimos de este modo con la exigencia de deformación establecida en la norma y evitamos la comprobación de flecha.

5.5.4 Pilares

La disposición de pilares dispuesta obedece, principalmente, al requisito de distribución regular establecido en el R.D. 132/2010 [13], que en su capítulo 1, apartado 6,

insta a proyectista al diseño de centros docentes con plantas regulares que faciliten la regular distribución de pilares y, por tanto, la geometría regular de los espacios de aprendizaje.

Para la determinación del tamaño de pilares se ha estado a lo dispuesto en el Art. 46.2. de la EHE-08 [1], en cuanto a comprobaciones de punzonamiento.

Tras realizar un cálculo preliminar con CypeCAD [5], se obtienen los siguientes resultados:

Dimensiones de Pilares		
	Ancho	Largo
Planta Baja + Planta Primera	50	50
Planta Segunda + Planta Tercera	50	50

Tabla 12. Dimensiones de pilares

5.5.5 Vigas

Inicialmente se establecen unas dimensiones para vigas de carga de 50x50 cm y de 35x35 cm para vigas de arriostramiento. Las dimensiones propuestas no incluyen el espesor de la capa de compresión.

Las vigas de carga deben tener un ancho de alma igual al de los pilares mientras que en las vigas de arriostramiento este punto no es importante.

Las placas alveolares apoyan sobre las vigas de carga en una longitud de 70 mm, quedando el hueco libre entre ellas y la propia viga macizado por la capa de compresión.

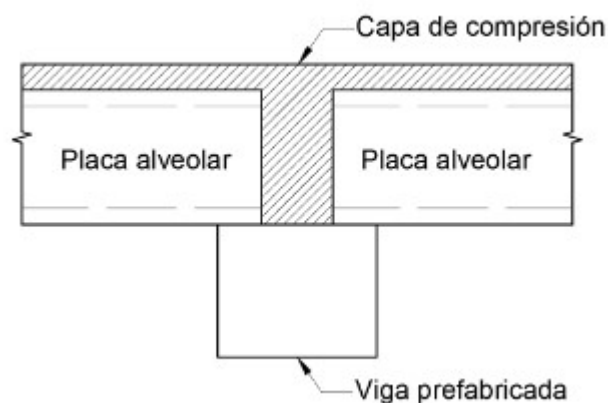


Figura 8: *Esquema del apoyo de placas alveolares.*

Su canto se estima según lo dispuesto en el Art. 50.2.2. de la EHE-08 [1], teniendo en cuenta que la norma nos exige de la comprobación de flecha para relaciones luz/canto útil inferiores a los indicados en la *Tabla 13*.

Sistema estructural L/d	K	Elementos fuertemente armados; $\rho = 1.5\%$	Elementos débilmente armados $\rho = 0.5\%$
Viga simplemente apoyada. Losa uni o bidireccional simplemente apoyada	1,00	14	20
Viga continua ¹ en un extremo. Losa unidireccional continua ^{1,2} en un solo lado	1,30	18	26
Viga continua ¹ en ambos extremos. Losa unidireccional o bidireccional continua ^{1,2}	1,50	20	30
Recuadros exteriores y de esquina en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,15	16	23
Recuadros interiores en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,20	17	24
Voladizo	0,40	6	8

Tabla 13. Relación L/d. Figura extraída de la EHE-08 [1]

Por tanto, en vigas de carga:

$$\frac{L}{d} < 30 \rightarrow d = \frac{8}{30} = 0,27 \text{ m} \quad (14)$$

En vigas riostras:

$$\frac{L}{d} < 30 \rightarrow d = \frac{7,5}{30} = 0,25 \text{ m} \quad (15)$$

Sobre estas dimensiones mínimas se han realizado cálculos de CypeCAD [5], los cuales han arrojado como resultados insuficiencia de canto frente a la combinación de acciones actuante. Finalmente, y como se expuso al inicio de este apartado, el canto de las vigas de carga es de 50 cm y el de vigas riostras de 35 cm.

6 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

6.1 Análisis lineal de la estructura

Realizado el predimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación se realiza un análisis de la estructura mediante el Método Matricial, utilizando como soporte de cálculo el software CypeCAD [5].

El programa realiza un cálculo de los datos de predimensionado obtenidos durante el desarrollo del punto 5 “Análisis del edificio prototipo”, de este documento. Para simplificar el cálculo expuesto y evitar su redundancia, se expone únicamente, el cálculo correspondiente al módulo 1 del edificio proyectado, Fig 7 (bis).



Figura 7 (bis): *Conjunto estructural que configura el edificio.*

La figura 9, muestra una representación 3D de la estructura modelizada en CypeCAD [5]. Los planos resultantes se pueden consultar en el Anexo I “Planos”, de este documento.

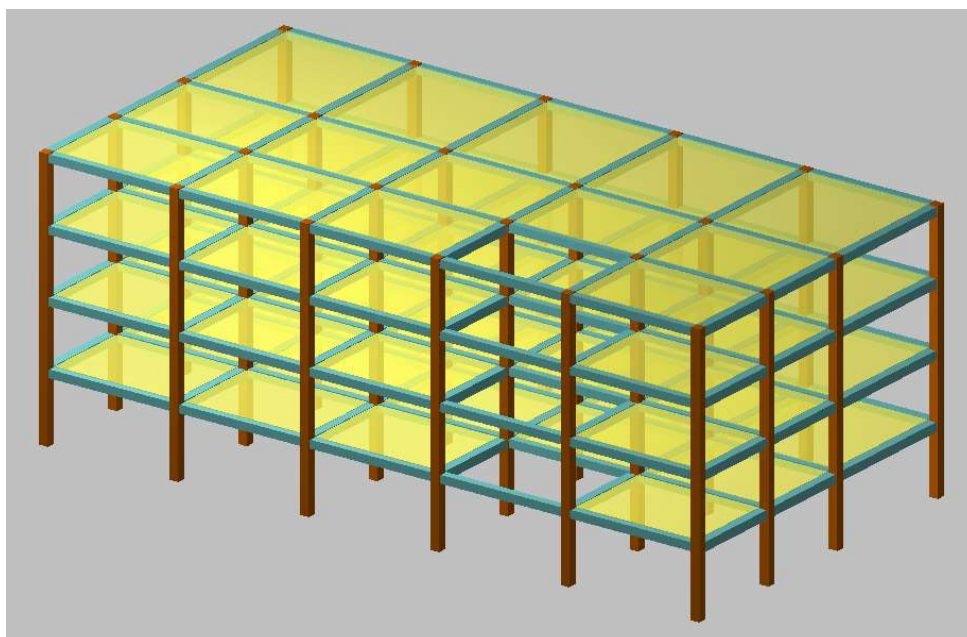


Figura 9: Modelo 3D de la estructura analizada

6.2 Cálculo por capacidad

En el cálculo por capacidad de estructuras sometidas a acciones laterales solo se considera la deformación por esfuerzos cortantes, despreciándose la deformación por esfuerzos flectores cuando la geometría del edificio cumple con la relación esbeltez baja – rigidez alta como factor clave en la estabilidad por flexión. La relación esbeltez baja – rigidez alta se da cuando:

- Un edificio se considera esbelto si:

$$\lambda = \frac{H}{b} > 7 \rightarrow \lambda = \frac{14,70}{19,50} = 0,754 < 7 \quad (16)$$

dónde:

H: Altura total del edificio, H = 14,70 m

b: Lado menor de la base del edificio, b = 19,40 m

Si $\lambda < 1$, la deformación por flexión es despreciable, considerándose únicamente la deformación por cortante.

- Un edificio se considera rígido si la relación entre los lados de su base es inferior a 5:

$$K = \frac{a}{b} < 5 \rightarrow K = \frac{38,00}{19,50} = 1,949 < 5 \quad (17)$$

dónde:

a: Lado mayor de la base del edificio, a = 38,00 m

b: Lado menor de la base del edificio, b = 19,50 m

Las comprobaciones cumplen la relación esbeltez baja-rigidez alta asegurando el desprecio de la deformación por flexión. La Fig.10 muestra el tipo de deformación por cortante que sufre la estructura, en comparación con la deformación por flexión que se da en estructuras esbeltas ante acciones laterales.

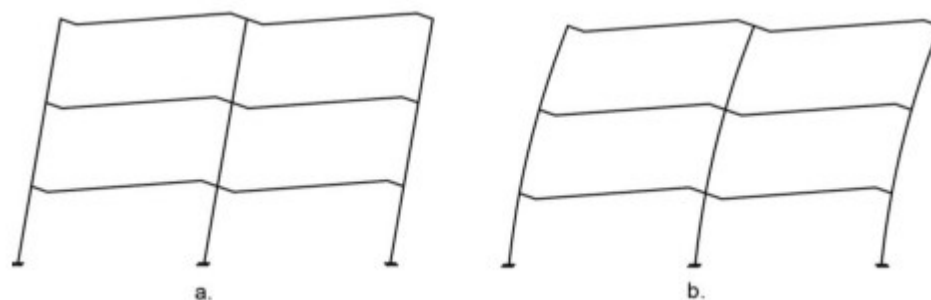


Figura 10: Tipo de deformación por acciones laterales.

- (a) Deformación por cortante en estructuras con relación esbeltez baja – rigidez alta
 (b) Deformación por cortante y flexión en estructuras esbeltas.

6.2.1 Descripción del pórtico analizado

Se ha considerado el análisis de un pórtico como suficiente representación de la estructura objeto de estudio debido a la regularidad de su planta y su alzado. En concreto, se ha seleccionado el pórtico 6, Fig. 11, para analizar su comportamiento ante sismo en el eje “Y”.

Las figuras 11 y 12, localizan y representan la geometría del pórtico seleccionado.



Figura 11: Vista en planta del Pórtico 6

Pórtico 6

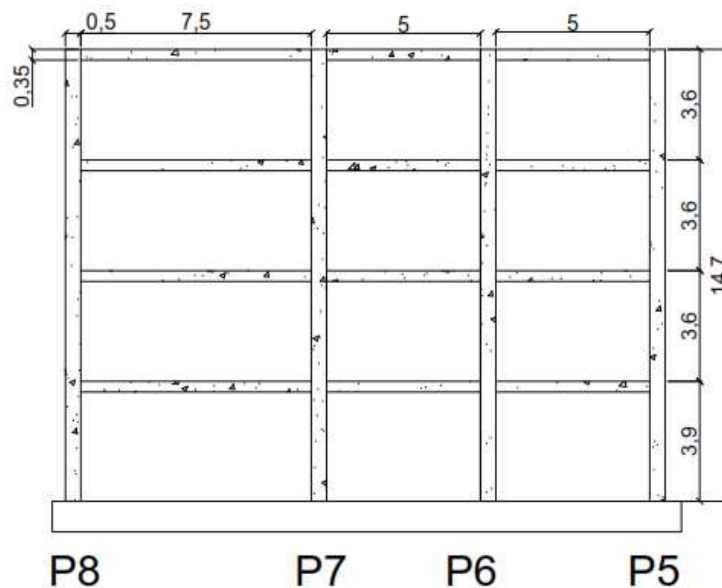


Figura 12: Alzado del Pórtico 6

El pórtico 6 se compone de cuatro pilares (P5, P6, P7 y P8), de los cuales se analiza el comportamiento del pilar extremo P5 del pilar interior P7, el cual presenta una diferencia de influencias por sus vanos adyacentes.

6.2.2 Cálculo de acciones

El cálculo de acciones se realiza atendiendo a las directrices del Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación, en adelante CTE DB SE AE [16].

6.2.2.1 Acciones permanentes

1) Peso Propio, (Punto 2.1 del CTE DB SE AE [16]).

Consideramos los siguientes:

- Peso Propio de pilares y vigas: 25 kN/m^3
- Peso Propio forjado: $4,41 \text{ kN/m}^2$
- Cargas muertas:
- Tabiques fonoresistentes (ladrillo macizo): $0,77 \text{ kN/m}^2$
 - Solería: $0,8 \text{ kN/m}^2$
 - Peto de cubierta: $1,8 \text{ kN/ml}$
 - Cerramiento de fachada: 10 kN/ml

2) Pretensado, (Punto 2.2 del CTE DB SE AE [16]).

No se aplican acciones de pretensado.

3) Acciones del terreno, (Punto 2.1 del CTE DB SE AE [16]).

No son relevantes en el desarrollo del Cálculo por Capacidad.

6.2.2.2 Acciones variables

- **Sobrecarga de uso:** la categoría de uso se clasifica por planta.

Sobrecarga de Uso			
	Categoría de uso	Subcategoría de uso	Carga [kN/m ²]
Planta Baja	B	-	2
P1 – P3	C	1	3
Planta de Cubierta	G	1	1

Tabla 14: SCU por planta y categoría de uso

6.2.2.3 Acciones accidentales: Sismo

Las acciones sísmicas están reguladas en la NSCE-02, Norma de construcción sismoresistente: Parte general y edificación [3].

La NCSE-02 [3] desarrolla un método de cálculo simplificado para los edificios que cumplen las condiciones establecidas en su apartado 3.5.1., o bien que, son clasificados como de importancia normal de hasta cuatro plantas de altura.

En vista de lo comentado, se expone el cálculo de las acciones sísmicas mediante el Método Simplificado propuesto por la NCSE-02 [3] para el pórtico 6 en los puntos que continúan. Con este cálculo, se da cumplimiento al artículo 1.2. de la norma por el que se establece su aplicación al proyecto de edificios de nueva planta.

Para su cálculo, la norma proporciona los criterios de determinación de:

- Las masas del edificio.
- Los periodos y modos de vibración de la estructura.
- La respuesta de la estructura ante las acciones sísmicas resultantes de la aplicación del capítulo 2.
- La verificación de la seguridad de la estructura.

6.2.3 Método de cálculo simplificado de la NCSE-02 [3].

Este método asimila las estructuras a un modelo unidimensional constituido por un oscilador múltiple con un solo grado de libertad de desplazamiento por planta. El análisis se realiza a partir de un sistema de fuerzas horizontal equivalente al de los sismos.

6.2.3.1 Cálculo de la matriz de masas, [M]

A efectos del cálculo de las solicitaciones debidas al sismo se consideran las masas que gravitan sobre la estructura, más una fracción de sobrecargas, que en edificios públicos es del 60%. (Art. 3.2. de la NCSE-02 [3]).

En el caso que nos ocupa se considera el peso que actúa sobre cada forjado que forma el pórtico 6. Su masa se determina dividiendo el peso por la acción de la gravedad:

$$m_k = \frac{p_k}{g} \quad (18)$$

- **Planta 1ª** (Categoría de Uso C: Edificios de uso público).

$$C. \text{ Permanentes} = Pp_{\text{forjado}} + Pp_{\text{pilares}} + Pp_{\text{vigas}} + Pp_{\text{fachada}} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} C. \text{ Permanentes} &= \left(582,38 \text{ m}^2 \cdot (4,41 + 0,8 + 0,77) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) + \\ &+ \left(24 \text{ pilares} \cdot 0,5^2 \text{ m}^2 \cdot (1,95 + 1,8) \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \\ &+ \left(60,03 \text{ m}^3 \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) + \left(96 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) = \\ &= 3482,63 \text{ kN} + 562,5 \text{ kN} + 1500,75 + 960 \text{ kN} = 6505,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$SCU = 0,6 \cdot SCU_{F1} \cdot Superf F1$$

$$SCU = 0,6 \left(741 \text{ m}^2 \cdot 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) = 1333,8 \text{ kN}$$

La masa del forjado 1, m_1 , es igual a:

$$m_{F1} = \frac{p_{F1}}{g} = \frac{7839,68 \text{ kN}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 799,151 \frac{\text{kN} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$$

Del mismo modo, se calcula la masa de los forjados superiores. La diferencia de masas radica en la altura de las plantas y su SCU. Obtenemos los siguientes resultados y construimos la matriz de masas [M], de la estructura:

	Categoría de uso	Altura de planta [m]	Masas [kN·s ² /m]
Forjado 1	B	3,90	799,151
Forjados 2 y 3	C	3,60	796,858
Forjado 4	G	3,60	505,759

Tabla 15: Masas de los forjados que forman la estructura

En forma de matriz de masas, [M]:

$$[M] = \begin{bmatrix} 506 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 797 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 797 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 800 \end{bmatrix} \quad (20)$$

6.2.3.2 Cálculo del modo propio de vibración y del periodo fundamental de la estructura

La NCSE-02 [3] establece en su Art. 3.7.2., el número de modos de vibración a considerar, en función del periodo fundamental de la estructura, T_F :

- Si $T_F \leq 0,75s$ -> 1^{er} Modo de Vibración
- Si $0,75s < T_F \leq 1,25s$ -> 1^{er} y 2^o Modo de Vibración
- Si $T_F > 1,25s$ -> 1^{er}, 2^o y 3^{er} Modo de Vibración

El periodo fundamental, T_F , en segundos puede estimarse para edificios con pórticos de hormigón armado, sin la colaboración de pantallas rigidizadoras, mediante la expresión:

$$T_F = 0,09 n = 0,09 \cdot 4 = 0,36 \text{ segundos} \quad (21)$$

Siendo n el número de plantas sobre rasante

Luego, para la estructura de estudio sólo es necesario considerar el 1^{er} Modo de Vibración.

El modo de vibración, definido por el vector de vibración, $[\phi_n]$, toma los valores correspondientes a:

$$[\phi_n] = \begin{bmatrix} \text{sen} \left[\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot h_1}{2H} \right] \\ \text{sen} \left[\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot h_2}{2H} \right] \\ \text{sen} \left[\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot h_3}{2H} \right] \\ \text{sen} \left[\frac{(2n-1) \cdot \pi \cdot h_4}{2H} \right] \end{bmatrix} \quad (22)$$

donde:

- n : modo de vibración, en este caso $n=1$.
- h_i : Altura sobre rasante de la planta considerada.
- H : Altura total sobre rasante de la estructura, en este caso $H = 14,70$ m.

Luego, para la estructura de estudio obtenemos:

$$[\phi_1] = \begin{bmatrix} 1,000 \\ 0,927 \\ 0,718 \\ 0,405 \end{bmatrix} \quad (23)$$

6.2.4 Verificación del mecanismo de colapso tipo pilar fuerte-viga débil

Cuando en el cálculo se considera una ductilidad alta ($\mu=3$), se debe comprobar la condición de resistencia total en los nudos. Es decir, la capacidad del pilar es superior a las barras que las unen (vigas), Fig. 13.

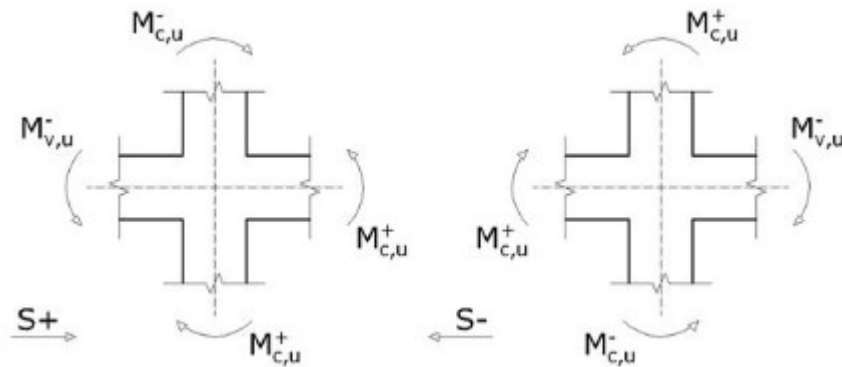


Fig. 13: Mecanismo tipo pilar fuerte – viga débil

$$\sum_{\text{pilares}} M_u \geq \sum_{\text{vigas}} M_u \quad (24)$$

La comprobación del mecanismo dúctil de fallo, viene caracterizado por:

- La posición de las rótulas plásticas.
- El valor del desplazamiento global.
- El giro producido en cada rótula.

Para comprobar el mecanismo de fallo se obtendrá:

- La capacidad de giro de las secciones de rótula plástica.
- La capacidad de las barras para soportar los esfuerzos que equilibran los momentos plásticos incrementados en la proporción adecuada.

6.2.4.1 Desarrollo del modelo analítico

Se desarrolla el modelo analítico del pórtico de estudio para realizar el cálculo por capacidad. El modelo debe estimar la localización de las rótulas plásticas que se forman en vigas.

Recordemos, que la longitud de rotula plástica se define como la zona de un elemento estructural donde la armadura de tracción ha plastificado y puede disiparse energía mediante su deformación plástica. Por tanto, la longitud de rotula plástica se localiza en la zona crítica de la viga.

Según la EHE-08 [1], la longitud de rótula plástica toma el siguiente valor en el sistema clásico hormigonado in situ:

$$l_p = \frac{h_c}{2} + h_b = \frac{50 \text{ mm}}{2} + 50 \text{ mm} = 75 \text{ mm} \quad (25)$$

donde:

h_c : Canto del pilar, $h_c = 50 \text{ mm}$

h_b : Canto de la viga, $h_b = 50 \text{ mm}$

La figura 14, muestra un esquema acotado de las secciones de vigas pilares.

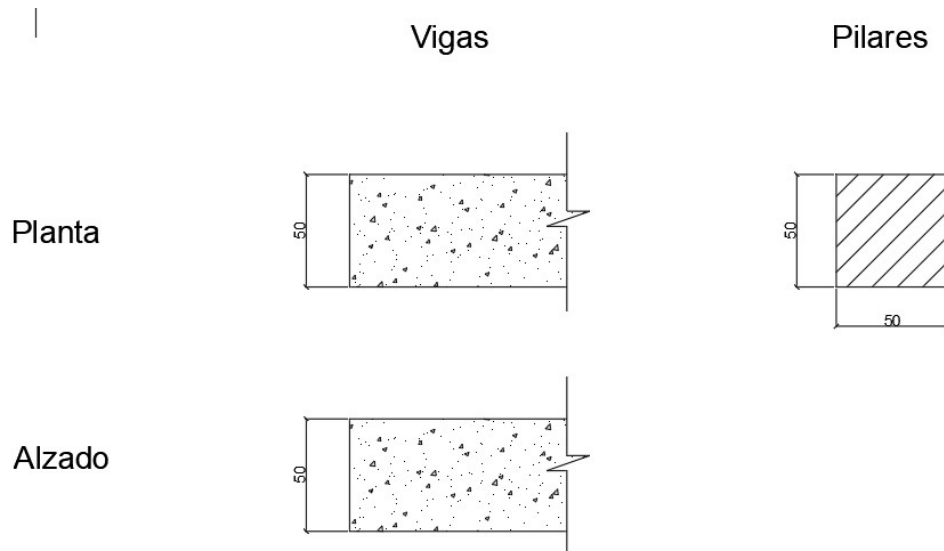


Fig. 14: Dimensiones de vigas y pilares

Sin embargo, el ámbito de la zona de plastificación se puede ver reducido considerablemente, debiendo definir el fabricante de mortero de inyección su longitud. Para estados de plastificación próximos a la rotura, considerar como longitud de rótula plástica $l_p + 2db$, siendo db el diámetro de la barra.

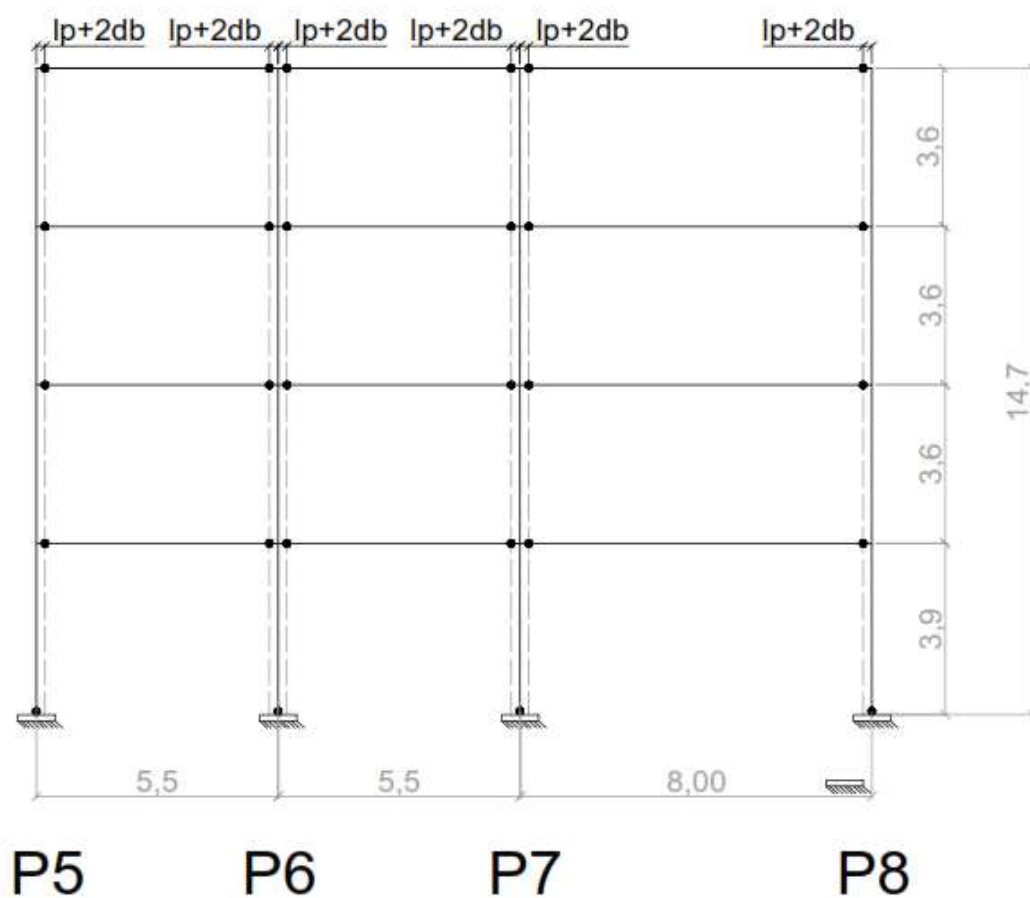


Fig. 15: Modelo analítico del Pórtico 6 con localización de rótulas plásticas

Luego:

$$d_R = l_p + 2d_b = 75 + (2 \cdot 20 \text{ mm}) = 115 \text{ mm} \quad (26)$$

Como se verá más adelante, la longitud de rótula plástica en la unión se verá aumentada debido al enfundo de la armadura pasiva del refuerzo híbrido. Éste cálculo se desarrolla en el punto 7.2.4. y arroja un resultado de 378 mm.

A efectos del cálculo por capacidad que continua, la longitud de rótula plástica considerada es de 378 mm, como indica el desarrollo de cálculo de la unión híbrida.

6.2.4.2 Capacidad resistente última a flexión en rótulas plásticas

El valor último a flexión de las rótulas plásticas nos define la capacidad resistente del elemento estructural. Como hemos observado en el modelo analítico expuesto, las rótulas plásticas se localizan en los extremos de las vigas y el arranque de pilares en planta baja.

Como se expuso anteriormente, vamos a estudiar estos valores por diferentes métodos, con el fin de contrastar sus resultados y comprobar que no se alejan de la capacidad resistente real de estas secciones.

Los métodos de cálculo empleados son:

1. Obtención de valores del análisis estructural realizado en el software CypeCAD [5].
2. Cálculo manual de la capacidad resistente de los elementos estructurales con el armado asignado por CypeCAD [5].
3. Cálculo de la capacidad resistente de los elementos estructurales con el armado asignado por CypeCAD, mediante su análisis con el software Response2000 [6] desarrollado por la Universidad de Toronto.

Una vez contrastados los resultados y verificado el mecanismo pilar fuerte- viga débil del pórtico, se dimensionarán las uniones mediante conexiones híbridas.

6.2.2.1 Cálculo de envolventes de esfuerzos flectores mediante CypeCAD [5]

Del análisis matricial realizado por CypeCAD [5] para la estructura modelizada, obtenemos los valores últimos en rótulas plásticas representados en la Fig. 16.

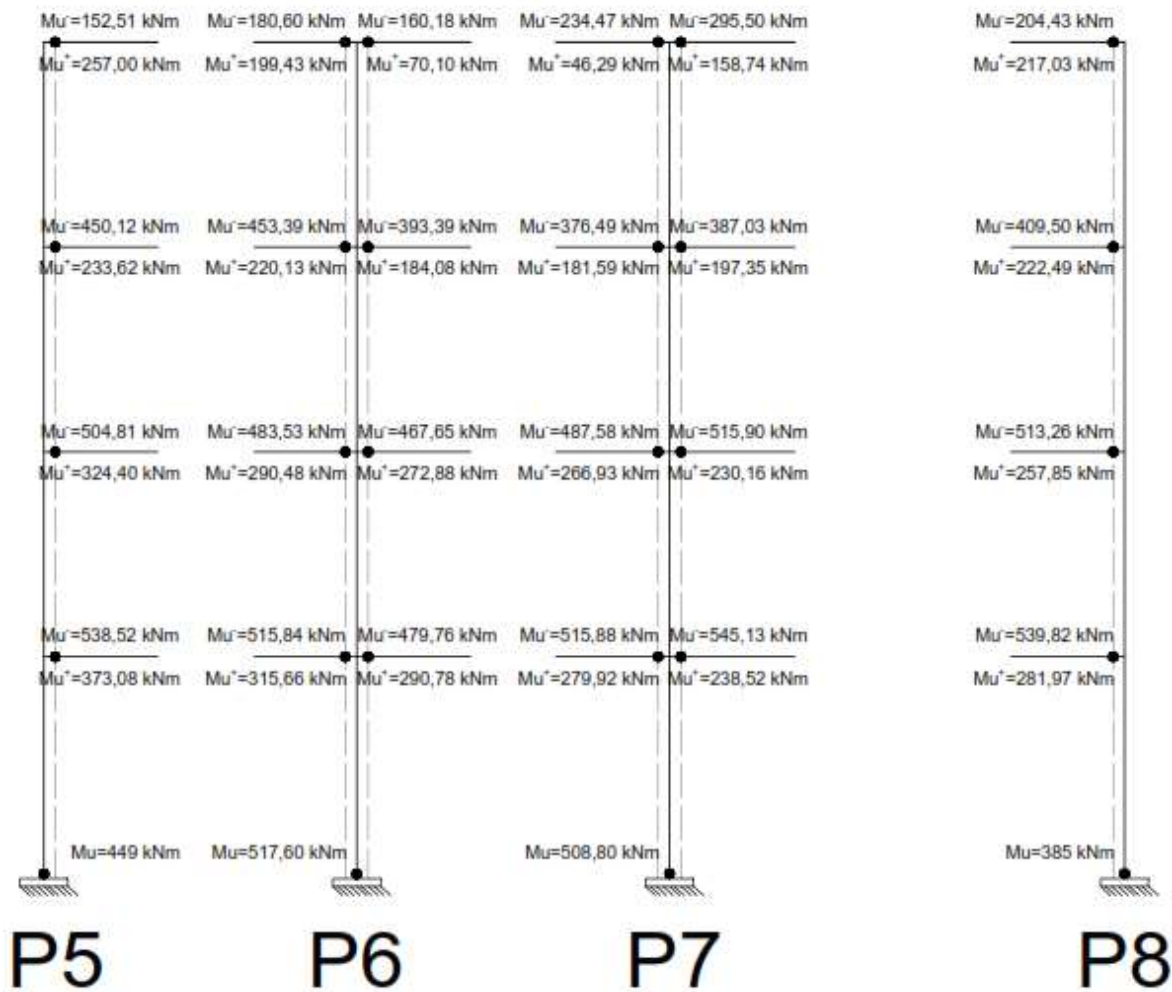


Fig. 16: Capacidad a flexión última en rótulas plásticas según CypeCAD [5]

6.2.2.2 Cálculo manual de envolventes de esfuerzos flectores

El límite superior del momento flector último que puede llegar a desarrollar una rótula plástica situada en el extremo de una viga se estima con la siguiente fórmula:

$$M_u = 0,9 \cdot A_s \cdot f_{y,max} \cdot d \quad (27)$$

donde:

A_s : Área de la armadura

$f_{y,max}$: Resistencia característica mayorada del acero, es decir: $f_{y,max} = 1,25 \cdot f_{yk}$

d : Canto útil de la sección

Recordemos que este cálculo manual se basa en el armado que CypeCAD [5] nos facilita. Se pretende obtener la capacidad resistente última de las secciones en base al armado proporcionado por el programa con el fin de contrastar ambos resultados.

El despiece de armado, así como los cuadros de pilares, se pueden visualizar en los planos adjuntos a este documento.

Del procesamiento de los datos que nos facilita CypeCAD, y la aplicación de la formulación expuesta obtenemos los resultados expuestos en las *Tabla 16*.

PILAR 5⁺				
	Cuantía Superior (cm²)	Cuantía Inferior (cm²)	M_u⁻ (kNm)	M_u⁺ (kNm)
Forjado 1	31,8	19,64	672,570	415,386
Forjado 2	29,15	16,84	616,523	356,166
Forjado 3	22,62	11,62	478,413	245,763
Forjado 4	10,05	10,05	212,558	212,558

PILAR 6⁻				
	Cuantía Superior (cm²)	Cuantía Inferior (cm²)	M_u⁻ (kNm)	M_u⁺ (kNm)
Forjado 1	29,93	21,9	633,020	463,185
Forjado 2	28,65	14,83	605,948	313,655
Forjado 3	20,3	10,05	429,345	212,558
Forjado 4	10,05	10,05	212,558	212,558

PILAR 6⁺				
	Cuantía Superior (cm²)	Cuantía Inferior (cm²)	M_u⁻ (kNm)	M_u⁺ (kNm)
Forjado 1	34,84	14,83	736,866	313,655
Forjado 2	26,14	13,89	552,861	293,774
Forjado 3	20,3	10,05	429,345	212,558
Forjado 4	10,05	10,05	212,558	212,558

PILAR 7⁻				
	Cuantía Superior (cm²)	Cuantía Inferior (cm²)	M_u⁻ (kNm)	M_u⁺ (kNm)

Forjado 1	41,71	18,85	882,167	398,678
Forjado 2	29,41	13,89	622,022	293,774
Forjado 3	24,24	10,05	512,676	212,558
Forjado 4	20,36	10,05	430,614	212,558

PILAR 7⁺				
	Cuantía Superior (cm²)	Cuantía Inferior (cm²)	M_u⁻ (kNm)	M_u⁺ (kNm)
Forjado 1	32,42	20,36	685,683	430,614
Forjado 2	29,41	20,36	622,022	430,614
Forjado 3	26,64	20,36	563,436	430,614
Forjado 4	20,36	18,6	430,614	393,390

PILAR 8⁻				
	Cuantía Superior (cm²)	Cuantía Inferior (cm²)	M_u⁻ (kNm)	M_u⁺ (kNm)
Forjado 1	31,67	20,36	669,821	430,614
Forjado 2	29,41	20,36	622,022	430,614
Forjado 3	24,88	20,36	526,212	430,614
Forjado 4	11,62	18,6	245,763	393,390

Tabla 16: Capacidad a flexión última en rótulas plásticas según cálculo manual

El límite superior del momento flector último en los arranques de los pilares de planta baja se calcula de forma similar a las vigas, pero empleando la expresión:

$$M_u = 0,8 \cdot A_s \cdot f_{y\max} \cdot h_c + 0,5 \cdot N \cdot h_c \cdot \left(1 - \frac{N}{b_c \cdot h_c \cdot f_{c\max}}\right) \quad (28)$$

donde:

A_s : Área de la armadura

$f_{y\max}$: Resistencia característica mayorada del acero, es decir: $f_{y\max}=1,25 \cdot f_{yk}$

h_c : Canto de la sección

b_c : Alto de la sección

$f_{c\max}$: Resistencia característica mayorada del hormigón, es decir: $f_{c\max}: 1,25 \cdot f_{ck}$

N: Axil máximo que actúa sobre el soporte para la situación extraordinaria sísmica. Valor extraído de CypeCAD, Tabla 17.

N(P5)	1394,6	kN
N(P6)	1215,5	kN
N(P7)	1648,1	kN
N(P8)	1423,2	kN

Tabla 17: Axil máximo sobre soportes de estudio

ARRANQUES				
	Armado Superior	Armado Inferior	M_u⁻	M_u⁺
Pilar 5	2Ø25+4Ø16	2Ø25+4Ø16	446,499	446,499
Pilar 6	2Ø25+4Ø16	2Ø25+4Ø16	446,499	446,499
Pilar 7	2Ø20+10Ø12	2Ø20+10Ø12	439,823	439,823
Pilar 8	2Ø20+4Ø16	2Ø20+4Ø16	358,142	358,142

Tabla 18: Capacidad última a flexión en rótulas plásticas de pilares, según cálculo manual

La visualización de los resultados de forma esquemática se refleja en la Fig. 17:

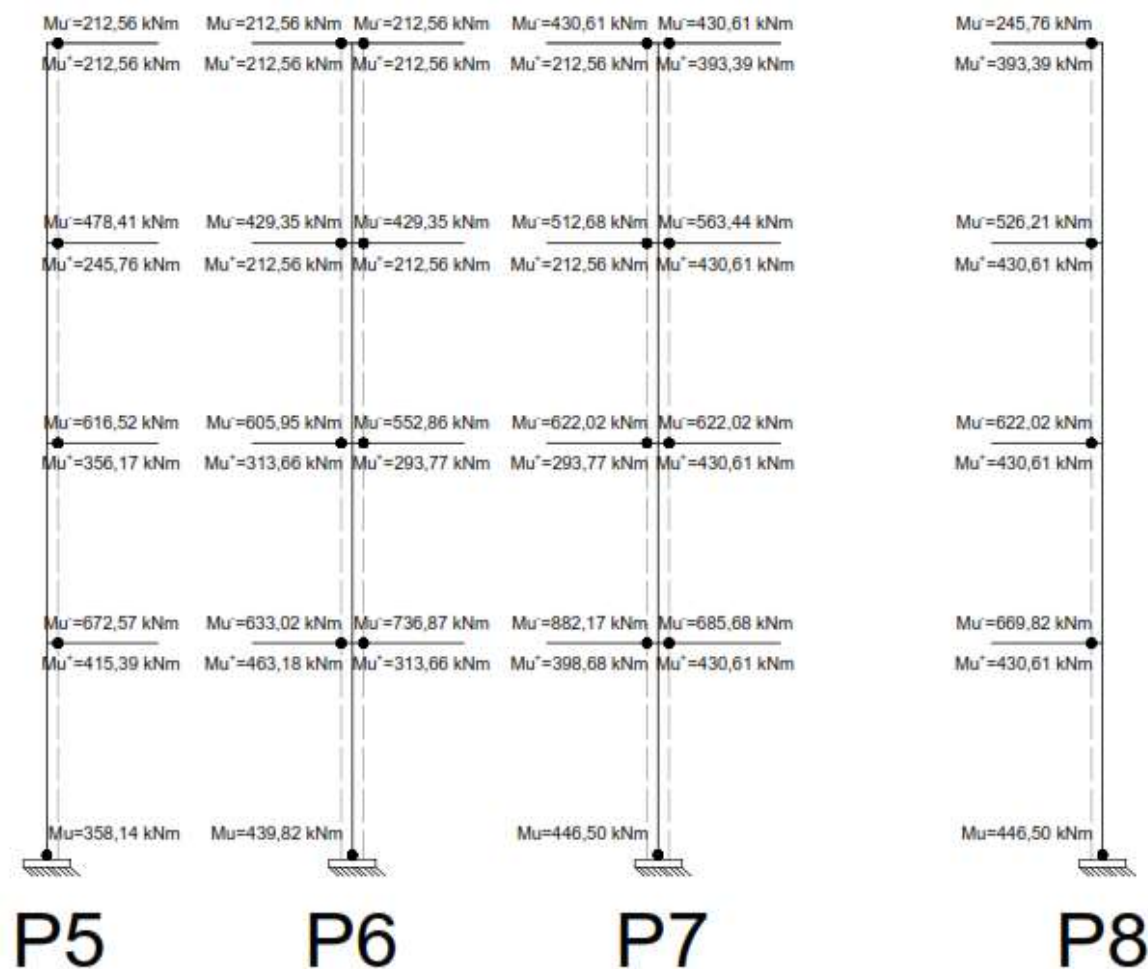


Fig. 17: Capacidad a flexión última en rótulas plásticas, según cálculo manual

6.2.4.3 Cálculo de envolventes de esfuerzos flectores mediante Response2000 [6]

Response2000 [6] es un programa de análisis seccional que nos permite calcular la resistencia y ductilidad de una sección de hormigón sometida a diferentes solicitaciones. Este programa nos permite obtener, no sólo las cargas últimas de rotura, sino que también nos proporciona la relación carga-deformación en cada estado de carga, basándose en la Teoría del Campo Modificado de Compresiones.

Se analizarán las secciones de los pilares y vigas de estudio para cada forjado del pórtico. Es importante señalar que se utiliza un valor de resistencia característica del acero mayorado en un 15% para vigas.

El programa realiza el análisis de la sección una vez que se le han proporcionado datos geométricos de sección y armado, así como de la solicitación actuante. En este caso, se introducirán los valores de axil máximo que actúan sobre cada sección, y que son

extraídos del cálculo realizado por CypeCAD [5]. Tras realizar el análisis de la sección, el programa nos proporciona el momento último (llamado momento pico por Response2000 [6]).

Con objeto de simplificar el cálculo se analizan las secciones de los pilares P5 y P6 (exterior e interior), y las vigas adyacentes a los mismos. Se relacionan los resultados junto con una representación gráfica obtenida del programa.

Pilar 5

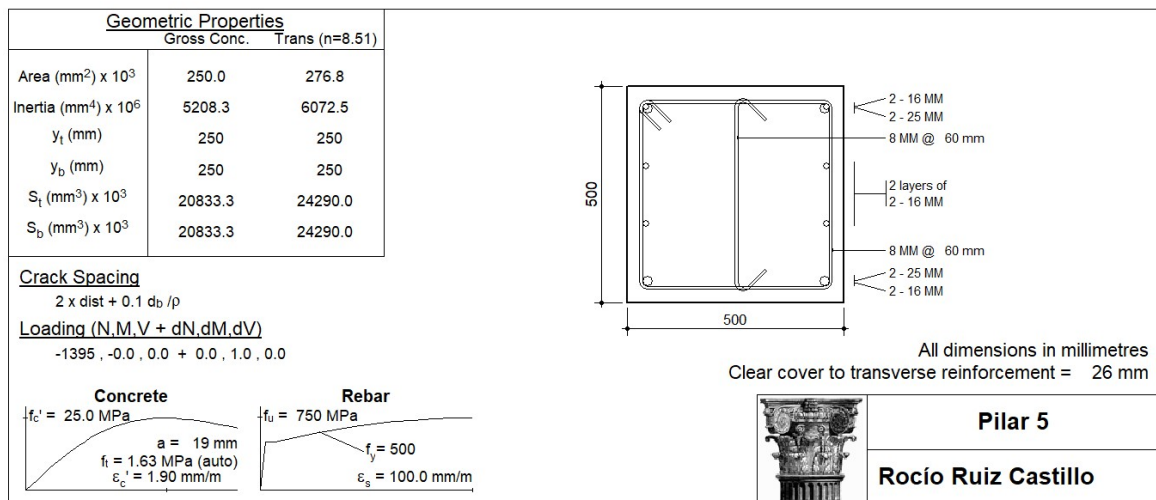


Fig. 18: Sección introducida en Response2000 [6]

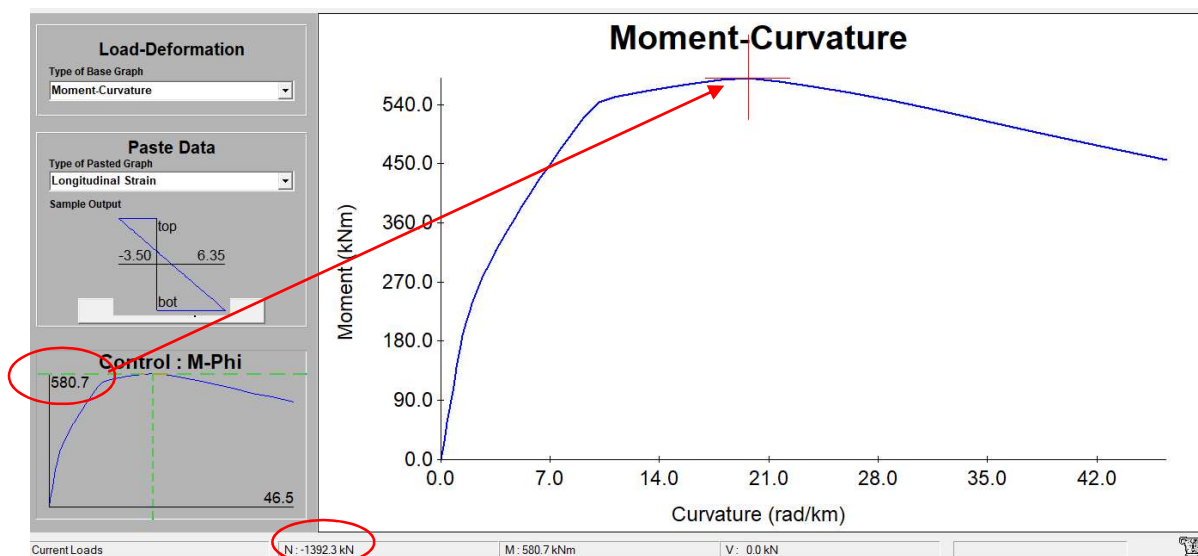


Fig. 19: Momento último obtenido para el Pilar 5

Tras obtener la capacidad última del pilar para el máximo axil posible, comprobamos si su comportamiento es dúctil o frágil mediante el diagrama de Interacción Momento-Axil (M-N Interaction). Para ello, calculamos manualmente el axil máximo que es capaz de soportar la sección y del mismo modo que anteriormente obtenemos el momento último, el cual comparamos con el anteriormente obtenido.

El valor del axil máximo, se obtiene mediante la expresión:

$$N_p = 0,37 \cdot f_{ck} \cdot A_g = 0,37 \cdot 25 \frac{N}{mm^2} \cdot 500^2 mm^2 = 2312,5 kN \quad (29)$$

dónde:

f_{ck} : Resistencia característica del hormigón, $25 \frac{N}{mm^2}$

A_g : Área bruta de la sección, $500 mm^2$

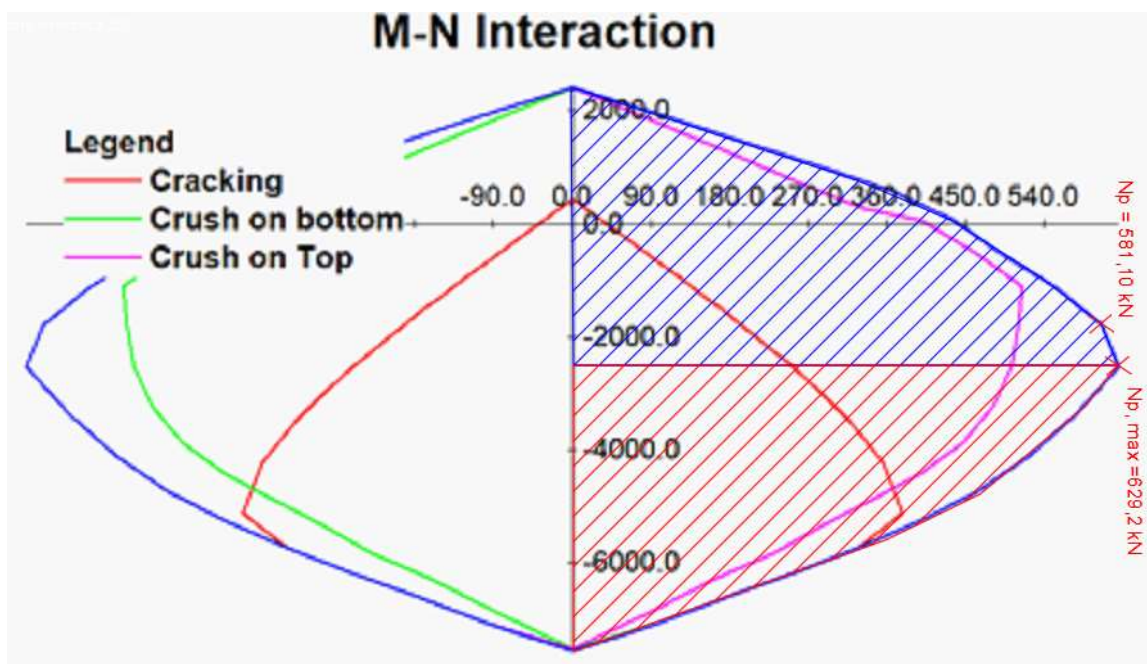


Fig. 20: Diagrama de interacción M-N, imagen extraída de Response2000 [6]

Como podemos apreciar en el diagrama, no superamos el axil máximo, encontrándose la sección en zona de comportamiento dúctil, por lo que en caso de que se produzca rotura será de tipo dúctil.

Este análisis se realiza únicamente para el pilar 5, ya que es el que soporta una mayor axil.

Pilar 6

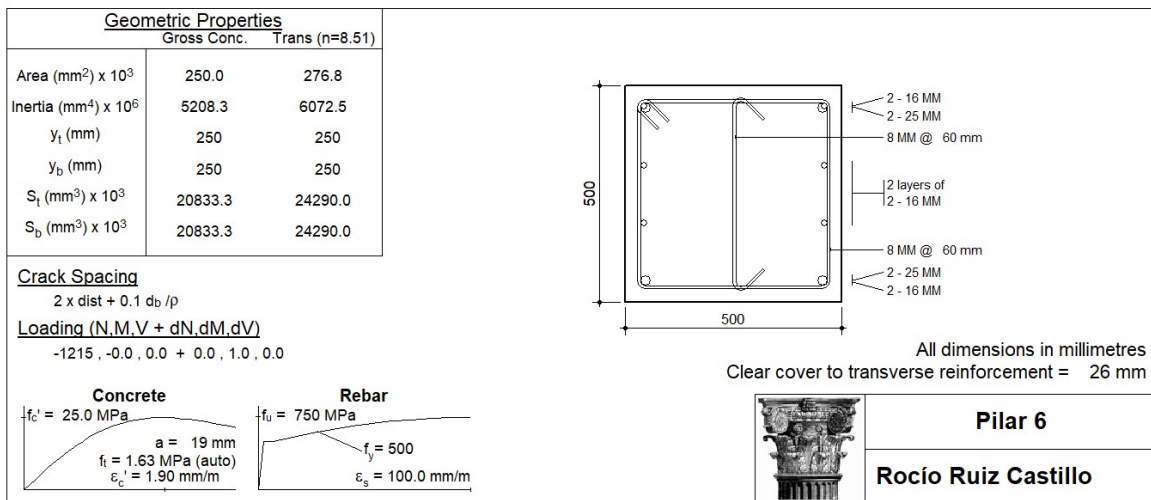


Fig. 21: Sección introducida en Response2000 [6]

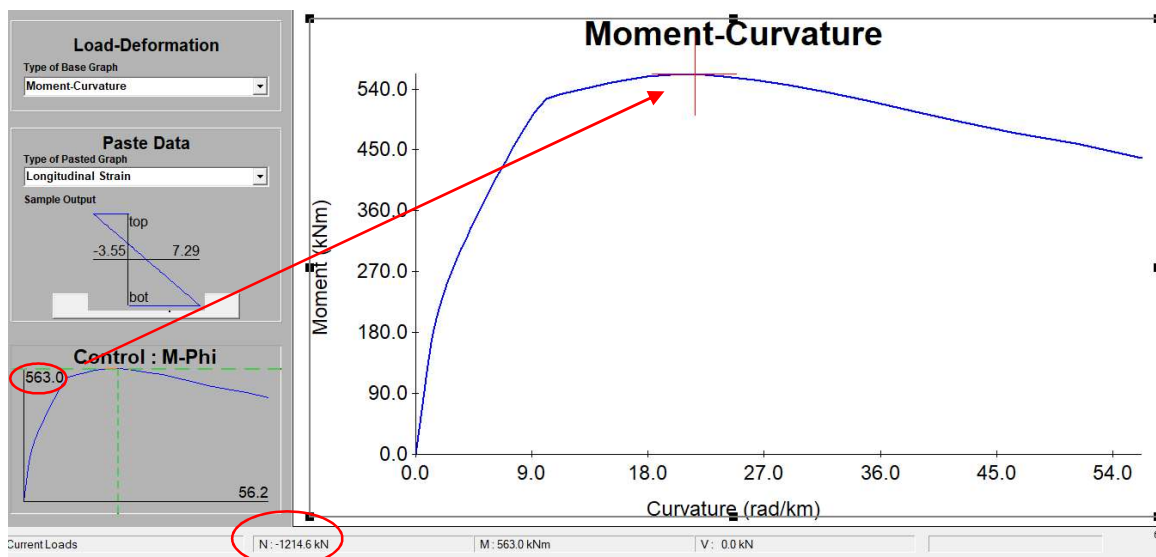


Fig. 22: Momento último obtenido para el Pilar 6

Del mismo modo obtenemos la capacidad última para las vigas adyacentes a los pilares 5 y 6. Las siguientes tablas recogen los resultados obtenidos, que se representan de forma esquemática en la Fig. 23.

Si comparamos los resultados obtenidos mediante los métodos empleados, podemos apreciar un aprovechamiento mayor de la sección, que el inicialmente obtenido mediante CypeCAD [5]. La Tabla 19, muestra un resumen de resultados.

	Mu, P5 [kN]	Mu, P6 [kN]
CYPECAD	385,00	508,80
Cálculo manual	446,50	446,50
Response2000	580,70	563,00

Tabla 19: Resumen de Momentos últimos obtenidos para los pilares 5 y 6

PILAR 5⁺				
	Cuantía Superior (cm²)	Cuantía Inferior (cm²)	M_u⁻ (kNm)	M_u⁺ (kNm)
Forjado 1	31,8	19,64	977,1	844,4
Forjado 2	29,15	16,84	903,9	792,6
Forjado 3	22,62	11,62	725,6	574,9
Forjado 4	10,05	10,05	375,4	375,4

PILAR 6⁻				
	Cuantía Superior (cm²)	Cuantía Inferior (cm²)	M_u⁻ (kNm)	M_u⁺ (kNm)
Forjado 1	29,93	21,9	383,7	383,7
Forjado 2	28,65	14,83	674,5	579,5
Forjado 3	20,3	10,05	925,9	879,5
Forjado 4	10,05	10,05	952,6	842,3

PILAR 6⁺				
	Cuantía Superior (cm²)	Cuantía Inferior (cm²)	M_u⁻ (kNm)	M_u⁺ (kNm)
Forjado 1	34,84	14,83	898,1	767,7
Forjado 2	26,14	13,89	977,2	908,2
Forjado 3	20,3	10,05	674,5	579,5
Forjado 4	10,05	10,05	383,7	383,7

Tabla 20: Capacidad última de rótulas plásticas en vigas adyacentes a los pilares 5 y 6, según Response2000[6]

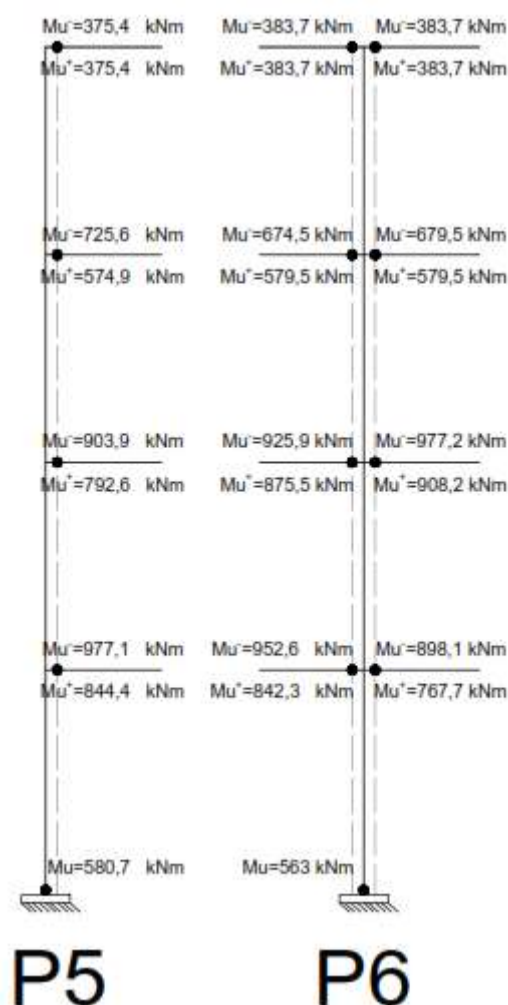


Fig. 23: Capacidad a flexión última en rótulas plásticas, según Response2000 [6]

La tabla 21, muestra un resumen de los resultados obtenidos mediante los diferentes métodos:

Forjado 1						
	P5 ⁺ [kNm]		P6 ⁻ [kNm]		P6 ⁺ [kNm]	
	Mu ⁺	Mu ⁻	Mu ⁺	Mu ⁻	Mu ⁺	Mu ⁻
CypeCAD	373,08	538,52	315,66	515,84	290,78	479,76
Cálculo Manual	415,39	672,57	463,18	633,02	313,66	736,87
Response2000	844,4	977,1	842,3	952,6	767,7	898,1

Forjado 2						
	P5 ⁺ [kNm]		P6 ⁻ [kNm]		P6 ⁺ [kNm]	
	Mu ⁺	Mu ⁻	Mu ⁺	Mu ⁻	Mu ⁺	Mu ⁻
CypeCAD	324,4	504,81	290,48	483,53	272,88	467,65
Cálculo Manual	356,17	616,52	313,66	605,95	293,77	552,86
Response2000	792,6	903,9	879,5	925,9	908,2	977,2

Forjado 3						
	P5 ⁺ [kNm]		P6 ⁻ [kNm]		P6 ⁺ [kNm]	
	Mu ⁺	Mu ⁻	Mu ⁺	Mu ⁺	Mu ⁻	Mu ⁺
CypeCAD	233,62	450,12	220,13	453,39	184,08	393,39
Cálculo Manual	245,76	478,41	212,56	429,35	212,56	429,35
Response2000	574,9	725,6	579,5	674,5	579,5	674,5

Forjado 4						
	P5 ⁺ [kNm]		P6 ⁻ [kNm]		P6 ⁺ [kNm]	
	Mu ⁺	Mu ⁻	Mu ⁺	Mu ⁺	Mu ⁻	Mu ⁺
CypeCAD	257	152,51	199,43	180,6	70,1	160,18
Cálculo Manual	212,56	212,56	212,56	212,56	212,56	212,56
Response2000	375,4	375,4	383,7	383,7	383,7	383,7

Tabla 21: Resumen de resultados obtenidos por diferentes métodos

A la vista de los resultados obtenidos, podemos observar que la capacidad última en rótulas plásticas es del orden del 157% en el análisis seccional respecto de los resultados extraídos de CypeCAD [5]. De modo que, el análisis por capacidad se basa en los resultados obtenidos de Response2000 [6].

6.2.4.4 Análisis del mecanismo de colapso. Verificación del sistema pilar fuerte – viga débil.

Para verificar el mecanismo de colapso de la estructura y el sistema pilar fuerte-viga débil realizamos un cálculo por capacidad a nivel global del pórtico.

Una vez obtenida la capacidad última que son capaces de desarrollar las rótulas plásticas del pórtico, y definida la longitud de rótula plásticas desde el eje del pilar, realizamos una estimación de las fuerzas sísmicas laterales máximas, asociadas al mecanismo de colapso.

Suponiendo que la estructura está gobernada por el primero modo de vibración, se puede asumir que la distribución de fuerzas laterales, F_{ext} , se corresponde con el vector:

$$F_{ext} = [M] \cdot [\phi_1] \quad (30)$$

Dónde $[M]$ es la matriz de masas y $[\phi_1]$ el vector del primer modo de vibración obtenidos anteriormente;

$$[F_L] = \begin{bmatrix} 506 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 797 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 797 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 800 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0,927 \\ 0,718 \\ 0,405 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 506 \\ 738,82 \\ 572,25 \\ 324 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{L1} \\ F_{L2} \\ F_{L3} \\ F_{L4} \end{bmatrix} \quad (31)$$

Definimos un conjunto de fuerzas exteriores con la misma distribución que $[F_{ext}]$, y cuyo valor en el Forjado 4, denominamos $f_{ext, \text{máx}}$:

$$[f_{ext}] = f_{ext, \text{máx}} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1,460 \\ 1,131 \\ 0,640 \end{bmatrix} \quad (32)$$

A continuación, sometemos el pórtico a la distribución de fuerzas hasta lograr que se formen las rótulas plásticas definidas. La Fig. 24, muestra el efecto de las fuerzas exteriores sobre la estructura, cuando se produce el mecanismo de colapso pilar fuerte-viga débil que buscamos.

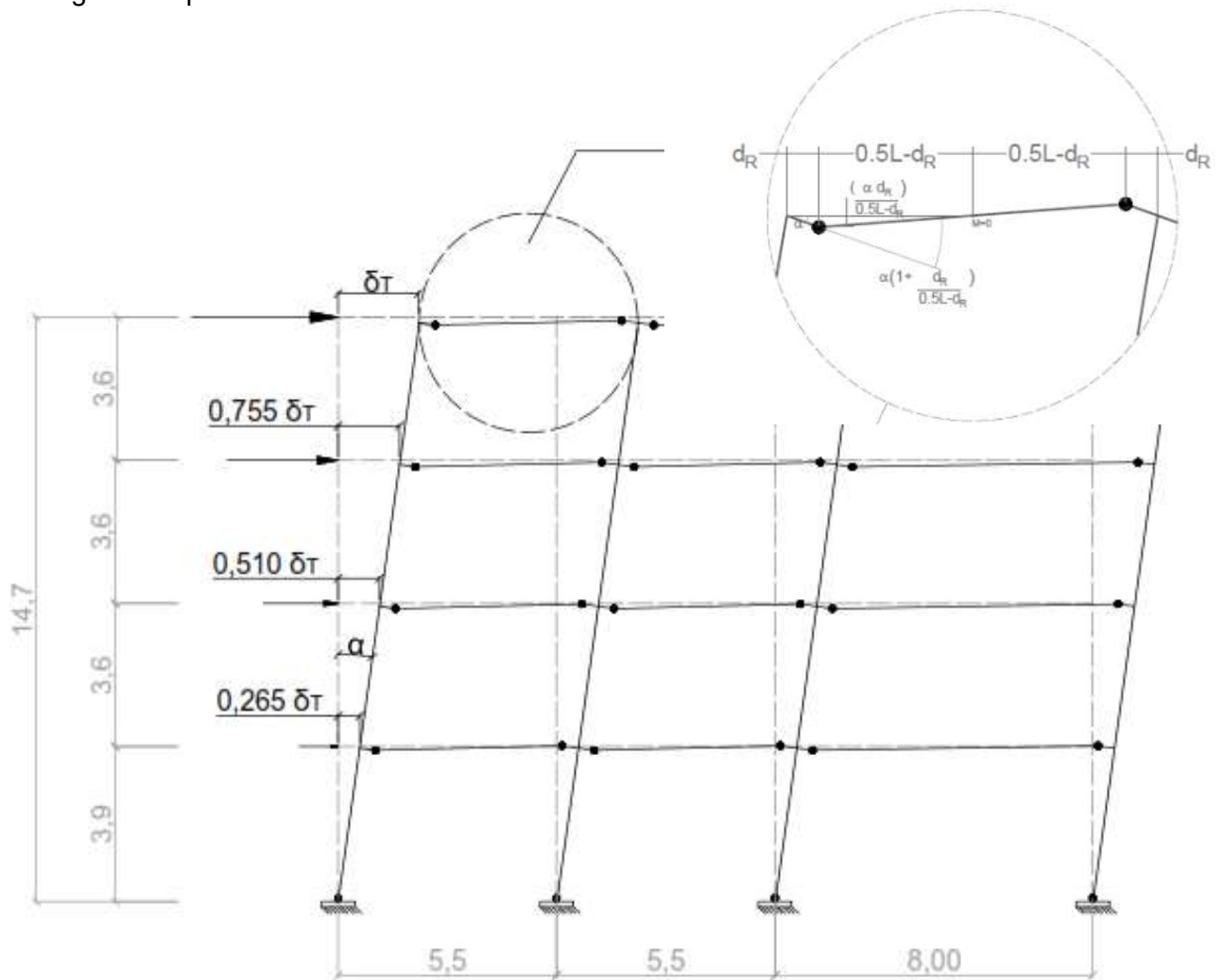


Fig. 24: Mecanismo de colapso del pórtico 6.

Suponemos que en el centro del vano el flector es nulo y que el giro máximo del soporte, α , es del 2,5%. De este modo, si dividimos cada pórtico en el punto de flexión nula y lo analizamos individualmente, podemos obtener el conjunto de fuerzas laterales máximas capaz que es capaz de soportar como mecanismo de pilar-fuerte-viga débil.

El análisis individual se realiza por el método de los trabajos virtuales estableciendo una igualdad entre los trabajos exteriores e interiores de la que podemos obtener el conjunto de fuerzas exteriores máximas. Conocidas las fuerzas la distribución de momentos cortantes y axiles en los pilares se puede obtener simplemente planteando el equilibrio en nudos.

El valor de cortante en cada rótula puede obtenerse mediante:

$$V = \frac{M}{0,5L - d_R} \quad (33)$$

dónde:

M : Capacidad última de rótulas plásticas

L : Longitud del vano

d_R : Distancia de rótula plástica

Pilar 5

En primer lugar, hallamos los cortantes que actúan sobre cada rótula plástica de las vigas adyacentes al pilar 5. Estos cortantes nos servirán posteriormente para establecer el equilibrio de sus nudos. La Fig. 25 representa los resultados obtenidos.

A continuación, igualamos las fuerzas exteriores con el trabajo interno desarrollado en las rótulas plásticas, teniendo en cuenta que $\delta_T = \alpha \cdot H_T$, y que $\alpha = 2,5\%$, siendo este el valor máximo de giro que puede soportar una estructura.

$$\begin{aligned} W_{ext} &= W_{int} \\ f_{ext,max} \cdot [1 \quad 0,918 \quad 0,709 \quad 0,318] &\begin{bmatrix} 1 \\ 0,755 \\ 0,510 \\ 0,265 \end{bmatrix} 14,70 \cdot \alpha = \\ &= \alpha (M_{u,pilar}) + \alpha \left(1 + \frac{d_R}{(0,5 \cdot L) - d_R} \right) \cdot \Sigma (M_{u,vigas}) \end{aligned} \quad (34)$$

Eliminando α , y despejando $f_{ext,max}$, obtenemos:

$$f_{ext,max} = \frac{(M_{u,pilar}) + \left(1 + \frac{d_R}{(0,5 \cdot L) - d_R}\right) \cdot \Sigma(M_{u,vigas})}{[1 \quad 0,918 \quad 0,709 \quad 0,318] \begin{bmatrix} 1 \\ 0,755 \\ 0,510 \\ 0,265 \end{bmatrix} 14,70} \quad (35)$$

donde:

$(M_{u,pilar})$: Capacidad última de la rótula plástica del pilar = 563 kNm

d_R : Longitud de rótula plástica = 0,387 m

L : Luz del vano = 5,5 m

$\Sigma(M_{u,vigas}) = 767,7 + 908,2 + 579,5 + 383,7 = 2982 \text{ kNm}$

Resultando:

$$f_{ext,max} = \frac{580,7 + \left(1 + \frac{0,387}{(0,5 \cdot 5,5) - 0,387}\right) \cdot 2982}{31,44} = 89,927 \text{ kN}$$

$$[f_{ext}] = 89,927 \text{ kN} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1,460 \\ 1,131 \\ 0,640 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 89,93 \\ 131,29 \\ 101,71 \\ 57,55 \end{bmatrix} \text{ kN} = \begin{bmatrix} F_{L1} \\ F_{L2} \\ F_{L3} \\ F_{L4} \end{bmatrix}$$

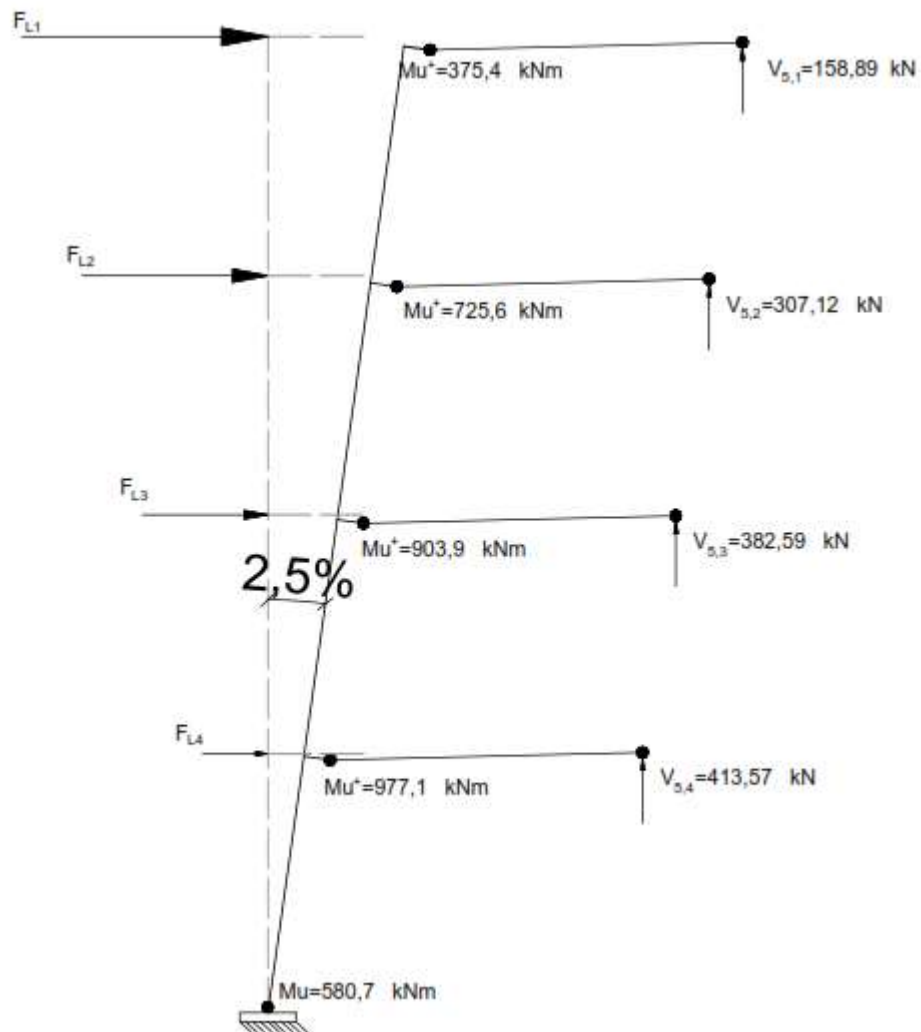


Fig. 25: Cortantes en rótulas plásticas, Pilar 5

Conocidas las fuerzas laterales exteriores, planteamos el equilibrio en nudos para obtener la distribución de flectores, cortantes y axiles en el pilar. El proceso se realiza desde el nudo superior al inferior. La Fig. 26, muestra un esquema del equilibrio de nudos planteado.

Los valores de momentos flectores resultantes para el pilar 5, perteneciente al pórtico 6, se muestran en la Tabla 22.

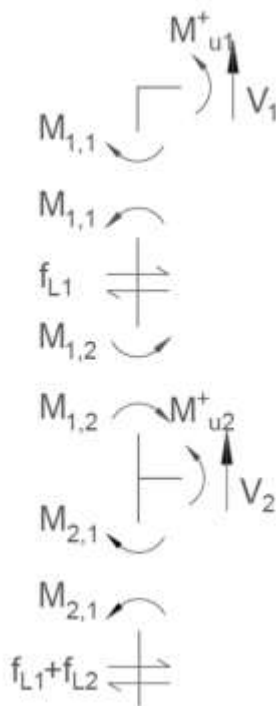


Fig. 26: Esquema del equilibrio de nudos planteado para el pilar extremo 5.

Expresiones resultantes del Equilibrio de Nudos del Pilar 5		
	Momentos Superiores	Momentos Inferiores
Forjado 4	$M_{1,1} = M_{u,1}^- + (V_1 \cdot d_R)$	$M_{1,2} = (f_{L1} \cdot h) - M_{1,1}$
Forjado 3	$M_{2,1} = M_{u,2}^- + (V_2 \cdot d_R) - M_{1,2}$	$M_{2,2} = ((f_{L1} + f_{L2}) \cdot h) - M_{2,1}$
Forjado 2	$M_{3,1} = M_{u,3}^- + (V_3 \cdot d_R) - M_{2,2}$	$M_{3,2} = ((f_{L1} + f_{L2} + f_{L3}) \cdot h) - M_{3,1}$
Forjado 1	$M_{4,1} = M_{u,4}^- + (V_4 \cdot d_R) - M_{3,2}$	$M_{4,2} = ((f_{L1} + f_{L2} + f_{L3} + f_{L4}) \cdot h) - M_{4,1}$

Tabla 22: Expresiones resultantes del equilibrio de nudos del Pilar 5

Solicitaciones a flexión sobre los nudos del P5		
	Momentos Superiores	Momentos Inferiores
Forjado 4	436,96	-113,215
Forjado 3	957,79	-161,394
Forjado 2	1213,51	-50,960
Forjado 1	1188,28	295,610

Tabla 23: Solicitaciones a flexión obtenidas para los nudos del Pilar 5

Del mismo modo obtenemos las solicitaciones de los nudos del pilar 6.

Pilar 6

En primer lugar, hallamos los cortantes que actúan sobre cada rótula plástica de las vigas adyacentes al pilar 6. Estos cortantes nos servirán posteriormente para establecer el equilibrio de sus nudos. La Fig. 27 representa los resultados obtenidos.

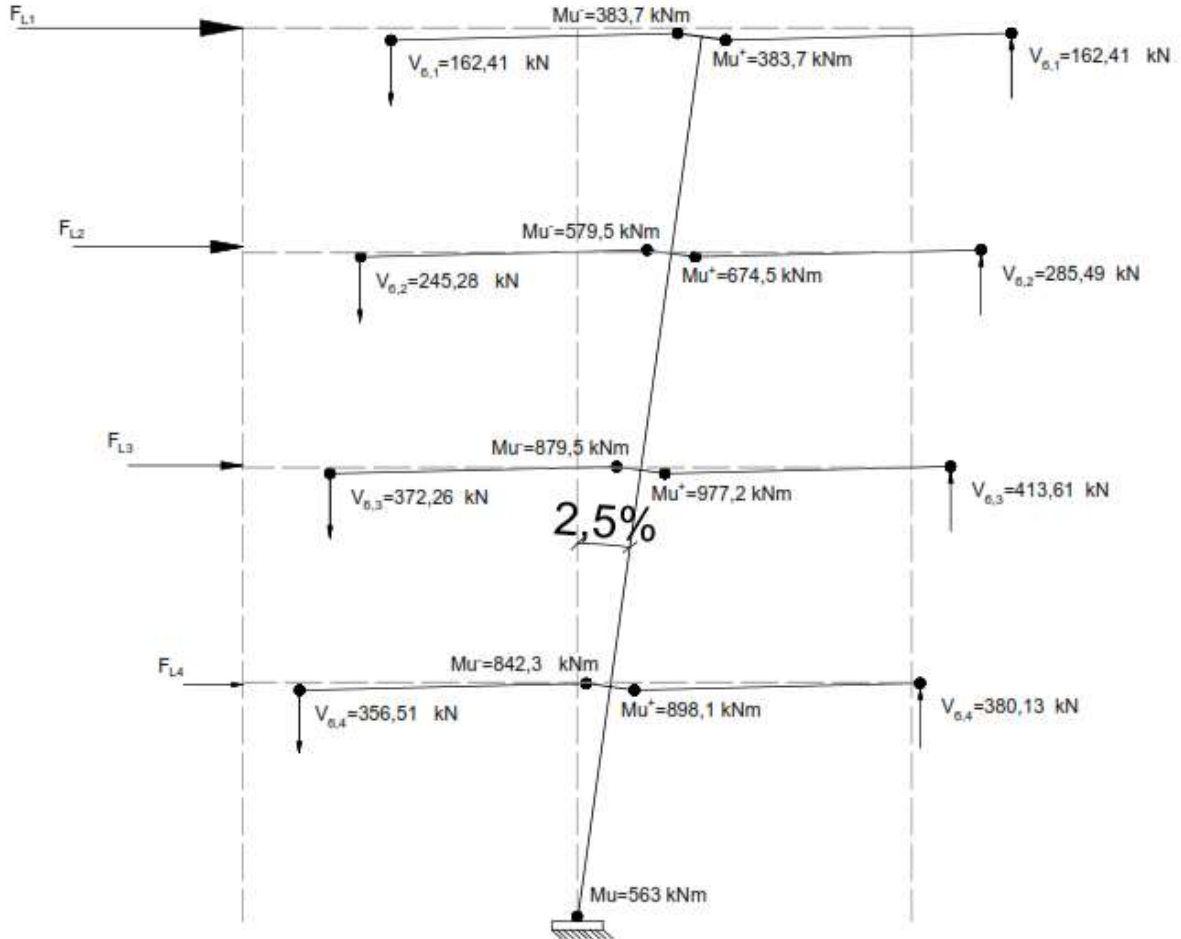


Fig. 27: Cortantes en rótulas plásticas, Pilar 6

A continuación, igualamos las fuerzas exteriores con el trabajo interno desarrollado en las rótulas plásticas, teniendo en cuenta que $\delta_T = \alpha \cdot H_T$, y que $\alpha = 2,5\%$, siendo este el valor máximo de giro que puede soportar una estructura.

$$\begin{aligned}
 W_{ext} &= W_{int} \\
 f_{ext,max} \cdot [1 \quad 0,918 \quad 0,709 \quad 0,318] &\begin{bmatrix} 1 \\ 0,755 \\ 0,510 \\ 0,265 \end{bmatrix} 14,70 \cdot \alpha = \\
 &= \alpha (M_{u,pilar}) + \alpha \left(1 + \frac{d_R}{(0,5 \cdot L) - d_R} \right) \cdot \Sigma (M_{u,vigas})
 \end{aligned} \tag{36}$$

Eliminando α , y despejando $f_{ext,max}$, obtenemos:

$$f_{ext,max} = \frac{(M_{u,pilar}) + \left(1 + \frac{d_R}{(0,5 \cdot L) - d_R}\right) \cdot \Sigma(M_{u,vigas})}{[1 \quad 0,918 \quad 0,709 \quad 0,318] \begin{bmatrix} 1 \\ 0,755 \\ 0,510 \\ 0,265 \end{bmatrix} 14,70} =$$

donde:

$(M_{u,pilar})$: Capacidad última de la rótula plástica del pilar = 563 kNm

d_R : Lontitud de rótula plástica = 0,14 m

L : Luz del vano = 5,5 m

$$\begin{aligned} \Sigma(M_{u,vigas}) &= (383,7 + 674,5 + 925,9 + 952,6) + (383,7 + 579,5 + 908,2 + 707) \\ &= 5575,8 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Resultando:

$$f_{ext,max} = \frac{563 + \left(1 + \frac{0,14}{(0,5 \cdot 5,5) - 0,14}\right) \cdot 5575,8}{31,44} = 180,002 \text{ kN}$$

$$[f_{ext}] = 180,002 \text{ kN} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0,918 \\ 0,709 \\ 0,318 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 180,002 \\ 165,24 \\ 127,62 \\ 57,24 \end{bmatrix} \text{ kN} = \begin{bmatrix} F_{L1} \\ F_{L2} \\ F_{L3} \\ F_{L4} \end{bmatrix}$$

Conocidas las fuerzas laterales exteriores, planteamos el equilibrio en nudos para obtener la distribución de flectores, cortantes y axiles en el pilar. El proceso se realiza desde el nudo superior al inferior. La Fig. 28, muestra un esquema del equilibrio de nudos planteado.

Los valores de momentos flectores resultantes para el pilar 6, perteneciente al pórtico 6, se muestran en la Tabla 25.

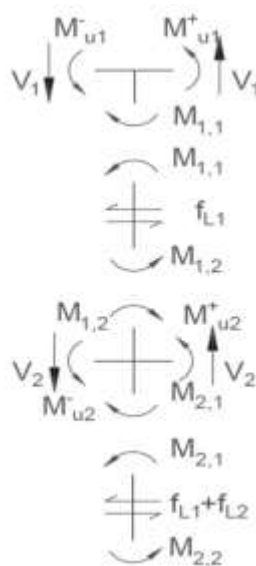


Fig. 28: Esquema del equilibrio de nudos planteado para el pilar intermedio 26.

Expresiones resultantes del Equilibrio de Nudos del Pilar 5		
	Momentos Superiores	Momentos Inferiores
Forjado 4	$M_{1,1} = M_{u,1}^- + (V_1 \cdot d_R) + M_{u,1}^+ + (V_1 \cdot d_R)$	$M_{1,2} = (f_{L1} \cdot h) - M_{1,1}$
Forjado 3	$M_{2,1} = M_{u,2}^- + (V_{2,i} \cdot d_R) + M_{u,2}^+ + (V_{2,d} \cdot d_R) - M_{1,2}$	$M_{2,2} = ((f_{L1} + f_{L2}) \cdot h) - M_{2,1}$
Forjado 2	$M_{3,1} = M_{u,3}^- + (V_{3,i} \cdot d_R) + M_{u,3}^+ + (V_{3,d} \cdot d_R) - M_{2,2}$	$M_{3,2} = ((f_{L1} + f_{L2} + f_{L3}) \cdot h) - M_{3,1}$
Forjado 1	$M_{4,1} = M_{u,4}^- + (V_{4,i} \cdot d_R) + M_{u,4}^+ + (V_{4,d} \cdot d_R) - M_{3,2}$	$M_{4,2} = ((f_{L1} + f_{L2} + f_{L3} + f_{L4}) \cdot h) - M_{4,1}$

Tabla 24: Expresiones resultantes del equilibrio de nudos del Pilar 6

Solicitaciones a flexión sobre los nudos del P6		
	Momentos Superiores	Momentos Inferiores
Forjado 4	1705,20	1107,28
Forjado 3	1922,80	320,57
Forjado 2	1381,64	238,34
Forjado 1	893,23	-77,97

Tabla 25: Solicitaciones a flexión obtenidas para los nudos del Pilar 6

6.2.4.5 Verificación del mecanismo de colapso pilar fuerte – viga débil

Este valor depende del armado asignado a cada pilar y su continuidad, de modo que si varía por planta es necesario hallar su valor relacionado. En el caso de estudio, el armado asignado a los pilares 5 y 6 es constante desde el Forjado 1 al 4. Recordemos los valores obtenidos del análisis, Fig. 29, 30, 31 y 32.

Pilar 5

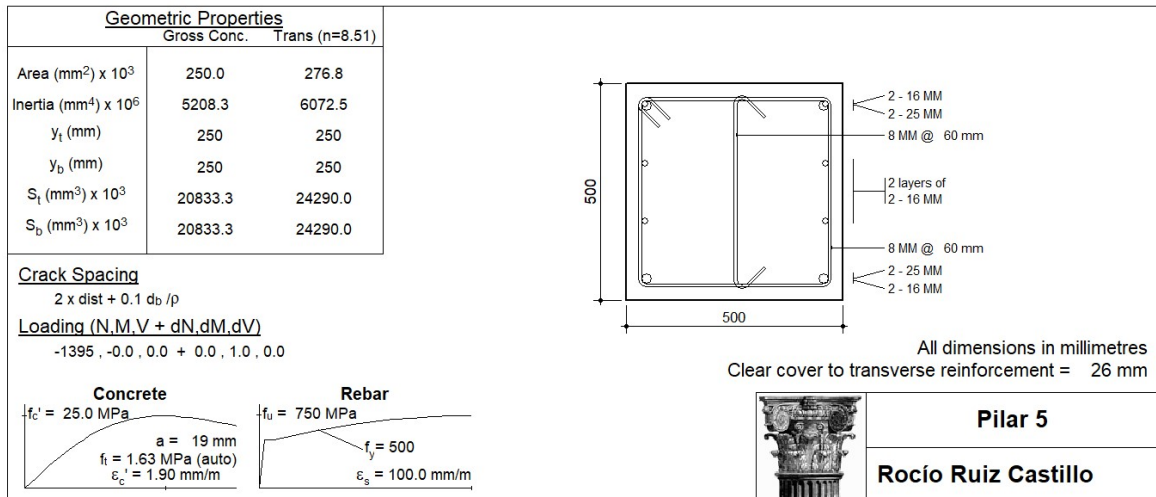


Fig. 29: Sección introducida en Response2000 [6]

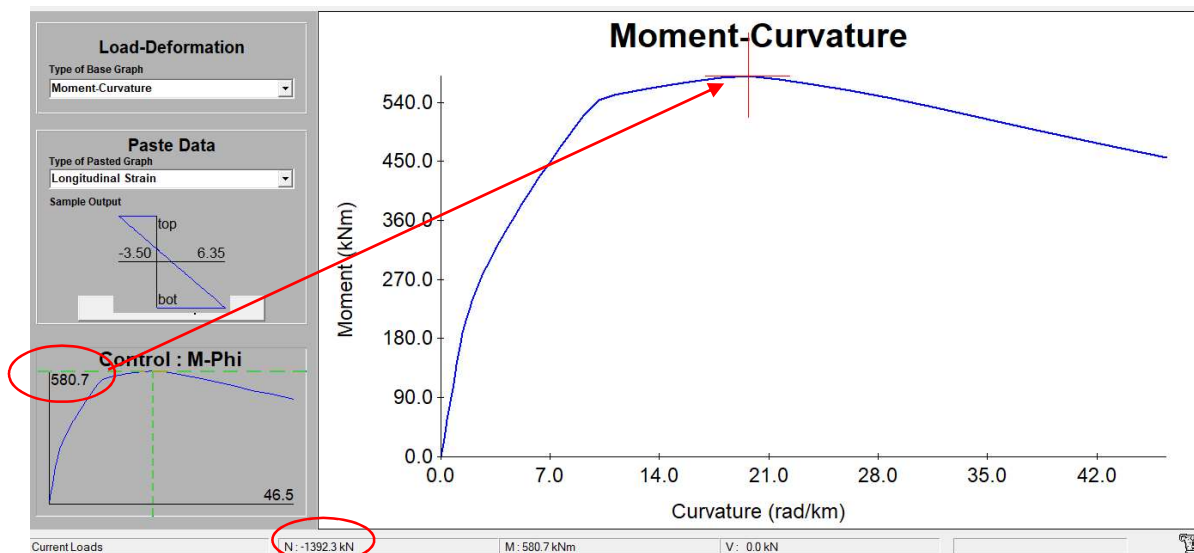


Fig. 30: Momento último obtenido para el Pilar 5

Pilar 6

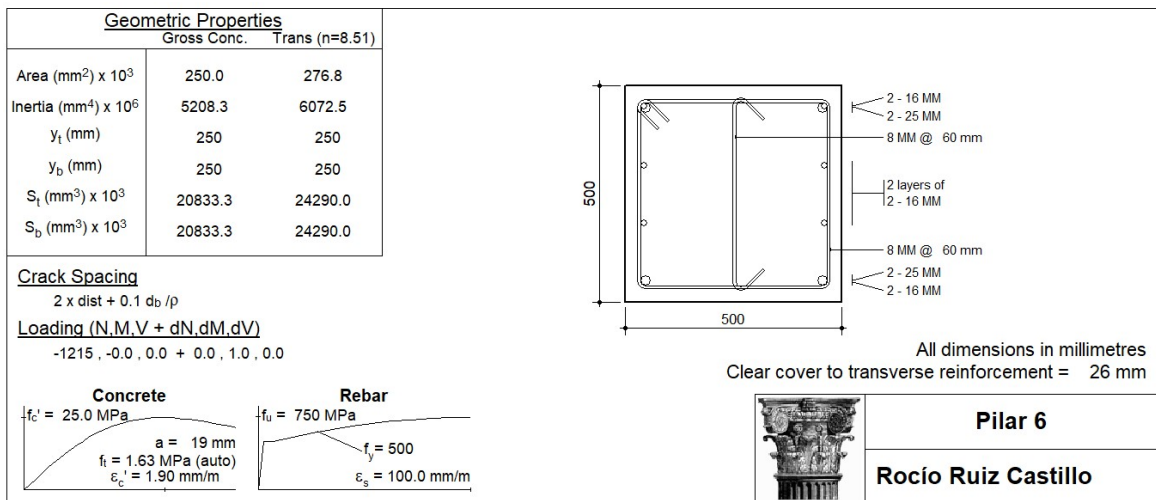


Fig. 31: Sección introducida en Response2000 [6]

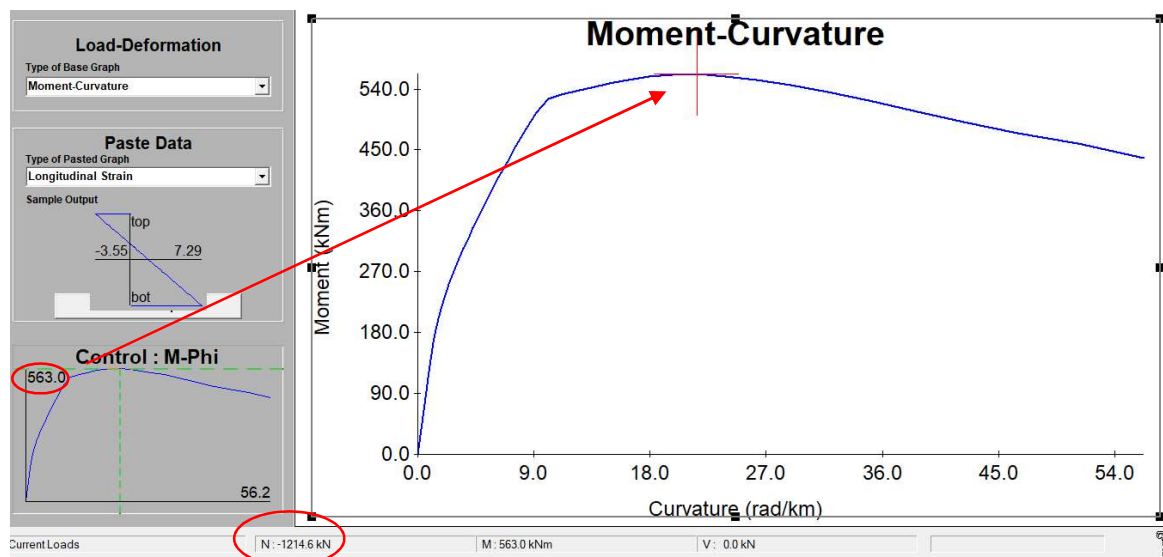


Fig. 32: Momento último obtenido para el Pilar 6

Por tanto, el esquema de esfuerzo en la estructura queda conforme muestra la figura 33:

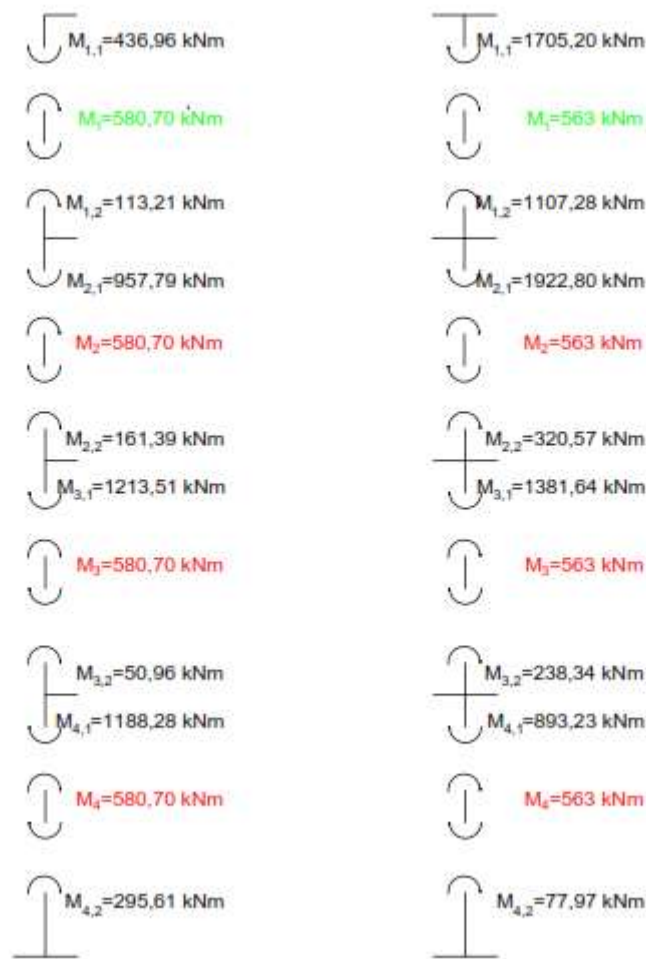


Fig. 33: Solicitaciones en los pilares 5 y 6, del pórtico 6

A la vista de los resultados obtenidos, podemos concluir que la estructura no tendría un mecanismo de colapso pilar fuerte – viga débil, ya que los momentos en pilares son inferiores a las solicitaciones en nudos, situándose en este caso, las rótulas plásticas en los pilares.

Para solucionar este problema, se procede a redimensionar los pilares en base a estas solicitaciones, comprobando para cada uno de ellos que las rótulas plásticas se formen en vigas. Para calcular la cuantía de acero que sería necesaria empleamos la siguiente fórmula:

$$U_s = \frac{M_d}{0,9 \cdot d} \quad (37)$$

dónde:

U_s : Cuantía de acero

M_d : Momento de cálculo

d : Canto de viga

Con ésta fórmula se estima el área de acero necesaria en la cara traccionada. La Tabla X, muestra el armado necesario para que las rotulas plásticas se localicen en vigas:

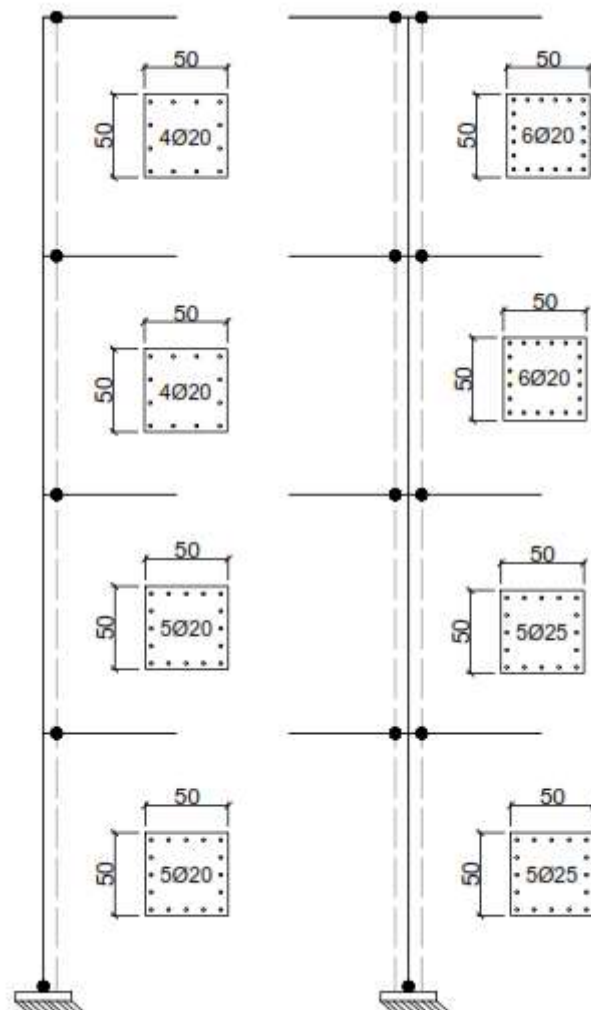


Fig. 34: Redimensionado de los pilares

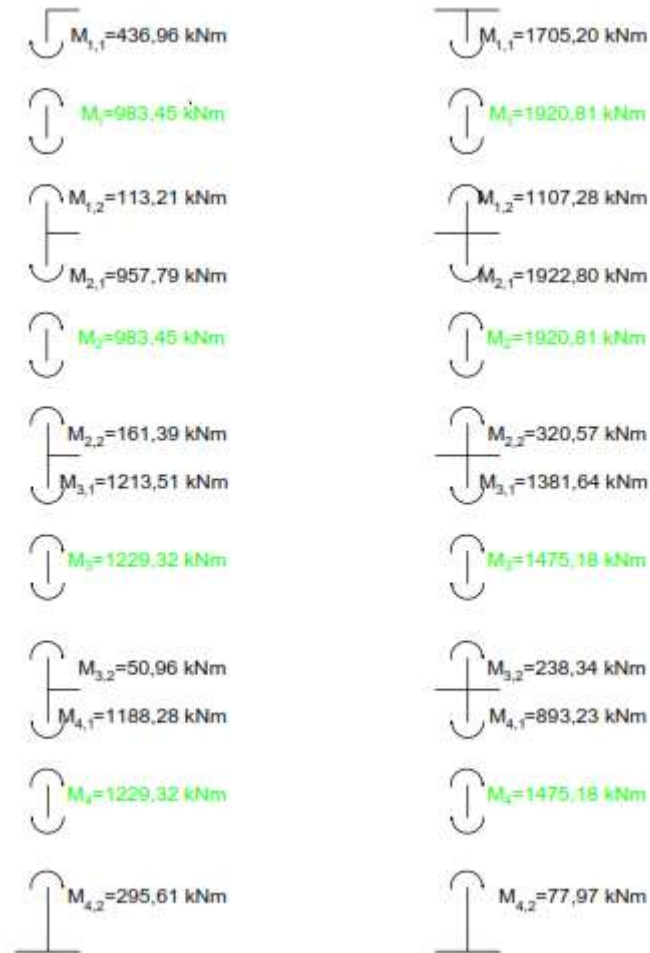


Fig. 35: Solicitaciones tras redimensionado de pilares

Como podemos ver, la capacidad de pilares es superior a las solicitaciones de nudos, lo que asegura el comportamiento de pilar fuerte-viga débil que buscamos. De éste modo queda verificado el mecanismo de colapso adoptado.

7 ANÁLISIS DE UNIONES DÚCTILES EN LA JUNTA PILAR-VIGA

Centrándonos en la junta pilar-viga, se ha seleccionado una conexión dúctil de tipo híbrida (acero pasivo y acero activo pretensado), en la que las vigas se conectan a los pilares mediante tendones de pretensado pasante a través del pilar, que se encuentran embebidos en vainas sin inyectar. Para la armadura pasiva existen dos posibilidades: pasante o no pasante a través del pilar. En el primer caso, que será el que aquí se estudie, se dejan previstas vainas huecas en la viga, para que una vez colocada, se enfile la armadura pasiva que será inyectada una vez tesados los tendones de pretensado. No toda la armadura longitudinal de la viga será pasante, solamente la calculada como refuerzo híbrido para soportar el momento último de cálculo.

De esta forma la unión de la viga con el pilar tendrá armadura pasante tanto activa como pasiva, siendo esta última capaz de disipar energía al plastificar. El plano N° 7, muestra en detalle la conexión híbrida propuesta.

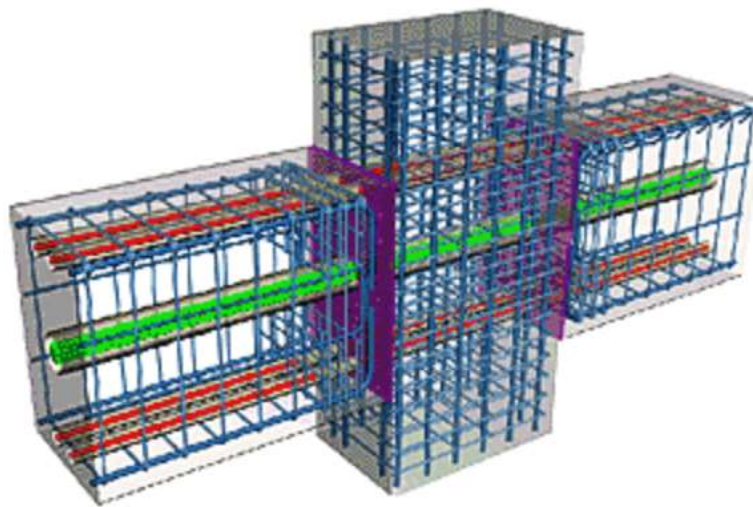


Fig. 36: Vista tridimensional de un nudo con conexión híbrida.



(a)



(b)

Fig. 37 (a): Puesta en obra de la armadura activa con sistema postesado.

Fig. 38 (b): Operación de tesado de cordones en pilar exterior.

7.1 Conexión híbrida viga-pilar: montaje con sistema pretensado postesado

El cálculo de la sección híbrida pretende dotar de capacidad sismoresistente a la estructura en la peor combinación de acciones que se pueda dar. Por ende, para su cálculo, se emplean los valores de capacidad última en rótulas plásticas obtenidos mediante el análisis seccional realizado con Response2000 [6]. La Tabla 26, expone los valores obtenidos y cuyo cálculo se desarrolló en el *punto* 6 de éste documento.

	Pilar 5	Pilar 6 ⁻	Pilar 7 ⁺
Forjado 1	844,4	579,5	767,7
Forjado 2	792,6	842,3	908,2
Forjado 3	574,9	879,5	579,5
Forjado 4	375,4	383,7	383,7

Tabla 26: Valores de capacidad última empleados en el dimensionado de la unión, valores en kNm.

En las uniones hormigonadas in situ el acero plastifica en la región de rótula plásticas, I_p , y el hormigón sufre una intensa fisuración, sin embargo, en la unión dúctil

prefabricada, la zona de influencia de la plastificación se reduce considerablemente y el giro se concentra prácticamente en la sección de contacto viga-pilar.

Este cálculo se realiza para Estado Límite Último, suponiendo que la armadura longitudinal de la viga ha plastificado siendo la única capacidad resistente la que ofrece el refuerzo híbrido.

En valores últimos, si determinamos el valor de deformación de la armadura debido al giro de la sección en un 2% (para aceros de alta ductilidad), y conocemos su incremento de longitud también debido al giro, podemos calcular la longitud de rótula plástica, puesto que en l_p es donde se concentra la deformación plástica de la armadura:

$$\varepsilon_s = \frac{\Delta l}{l_p} = 0,02 \quad (38)$$

Para valores últimos tomamos l_p como $l_p + 2d_b$

dónde:

l_p : Longitud de rótula plástica

Δl : Incremento de longitud de armadura debido al giro de la sección

ε_s : Deformación de la armadura

d_b : diámetro de la barra inyectada

Una vez definida la longitud de rótula plástica podemos calcular la sección híbrida de los diferentes nudos mediante un simple equilibrio de fuerzas. Como hemos comentado anteriormente, éste cálculo se realiza para Estado Límite Último, lo que implica que la armadura longitudinal de la viga ha plastificado siendo la única capacidad resistente la que ofrece el refuerzo híbrido. De modo que:

$$\sum F_H = N = 0 \quad (39)$$

$$U_{s1} + U_{PT} = C + U_{s2} \rightarrow U_{PT} = C$$

Los valores de U_{s1} y U_{s2} , se anulan al plastificar la armadura

dónde:

U_{s1} y U_{s2} : Fuerza del armado longitudinal a tracción y compresión

U_{PT} : Fuerza de pretensado

C : Volumen de compresiones

ε_s : Deformación de la armadura

d_b : diámetro de la barra inyectada

$$U_{PT} = 60\% f_{pyd} \cdot A_p = \alpha_{cc} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot y = C \quad (40)$$

$$\text{Despejando } y \rightarrow x = \frac{y}{0,8}$$

Dónde

x : es el punto de giro de la sección.

La Fig. 39 y 40 muestran el equilibrio de la sección.

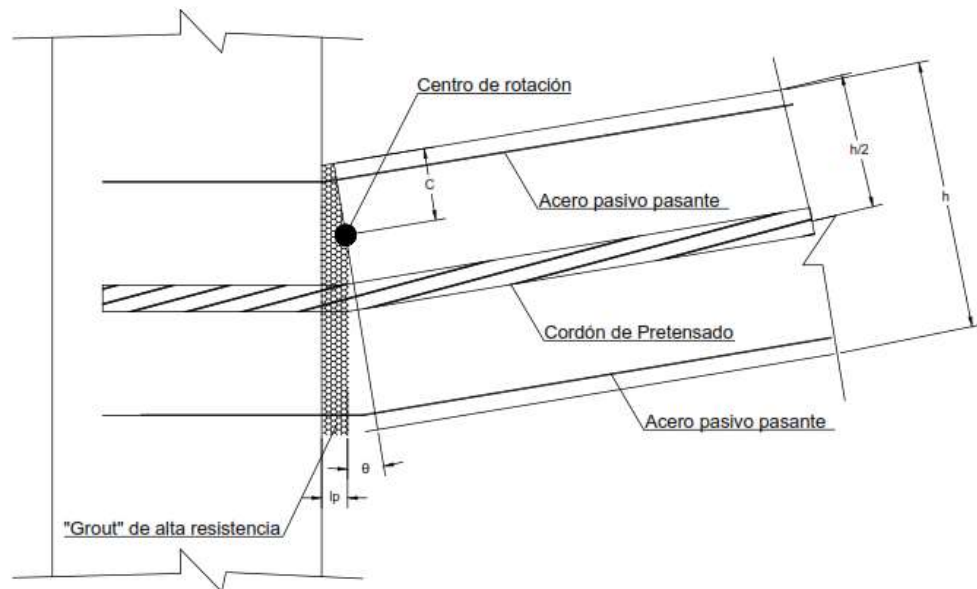


Fig. 39: Unión pilar-viga híbrida sometida a flexión positiva

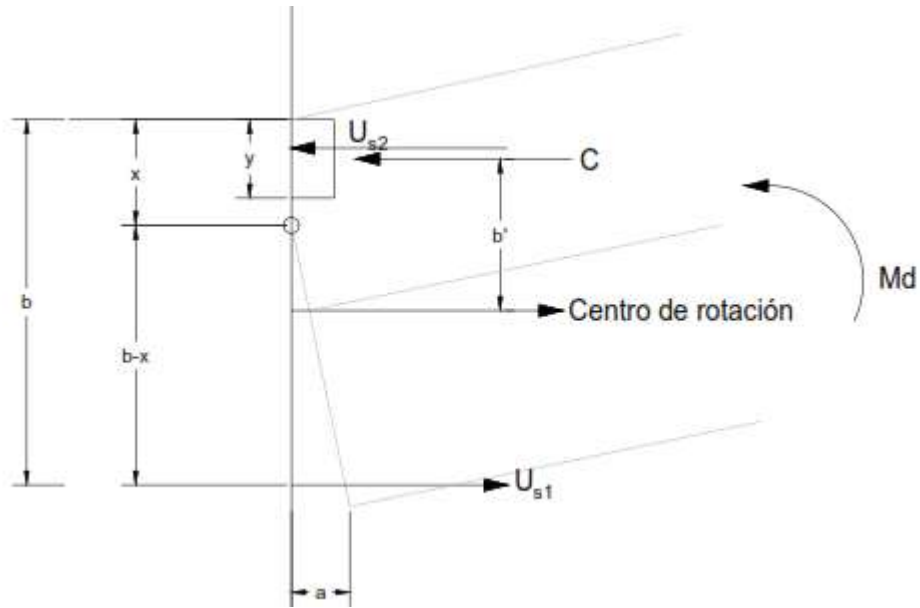


Fig. 40: Fuerzas que intervienen en la sección híbrida sometida a flexión positiva

De modo que, tomando momentos desde la armadura de compresión U_{s2} , el equilibrio de fuerzas para la unión híbrida queda:

$$M_d = U_{s1} \cdot b + U_{PT} \cdot b' = U_s \cdot b + U_{PT} \cdot b' \quad (41)$$

Y despejando A_s obtenemos el acero pasivo del refuerzo híbrido

Es importante mencionar que la fuerza de pretensado inicial se estima, dependiendo su definición final de la cuantía de acero pasivo que se obtenga, ya que las características geométricas de la sección deben tener capacidad para albergarlo. Estos parámetros son detallados en los puntos que siguen.

7.2 Cálculo de la sección híbrida

7.2.1 Estimación de la fuerza de pretensado inicial

El tendón de pretensado estará compuesto por cordones de acero de alta ductilidad Y1860s. A ésta armadura activa se le realiza un tesado inicial del 60% de su límite de rotura. Esta tensión se verá incrementada con el giro que experimenta la sección cuando la estructura se ve sometida a carga lateral, por lo que debemos procurar que el tesado inicial no supere el límite elástico del acero.

$$60\% \text{ de } 1860 = 1116 \frac{N}{mm^2} < f_{pyd} = \frac{1640}{1,15} = 1426,09 \text{ N/mm}^2 \quad (42)$$

Inicialmente, tomaremos como datos un tendón formado por 8Ø0,6", lo que equivale a una fuerza de pretensado de:

$$U_{PT} = A_{sp} \cdot f_{pyd}$$

$$U_{PT} = 8 \cdot 140 \text{ mm}^2 \cdot \left(0,6 \cdot \frac{1860}{1,15}\right) = 1086,88 \text{ kN} \quad (43)$$

7.2.2 Cuantía de acero pasivo.

Se calculan las uniones existentes en los pilares 5 (pilar extremo) y 6 (pilar intermedio). El método de cálculo se basa en el equilibrio de fuerzas expuesto anteriormente.

Las solicitaciones que sirven para el dimensionado del refuerzo híbrido son los valores de capacidad última en rótulas plásticas obtenidos mediante el análisis seccional realizado con Response2000 [6].

El refuerzo híbrido en las uniones del pilar intermedio se ha dimensionado de acuerdo al mayor valor que lo solicita. La Fig. 23, expone los valores obtenidos cuyo cálculo se desarrolló en el *punto* 6 de éste documento. Se resaltan los valores usados para las uniones del pilar 6.

	Pilar 5	Pilar 6⁻	Pilar 7⁺
Forjado 1	844,4	579,5	<u>767,7</u>
Forjado 2	792,6	842,3	<u>908,2</u>
Forjado 3	574,9	<u>879,5</u>	579,5
Forjado 4	375,4	<u>383,7</u>	383,7

Tabla 27: Valores de capacidad última empleados en el dimensionado de la unión, valores en kNm.

Los resultados obtenidos del proceso de cálculo se muestran en la tabla 28. Se utilizan las siguientes referencias:

- U_{PT} [N]: Fuerza del tendón de pretensado en la unión
- A_s [mm²]: Área de acero pasivo resultante
- [mm]: Centro de giro de la sección, respecto de la fibra superior.

P5			
	Us [N]	As [mm ²]	O [mm]
F1	1086886,96	3724,96	173,44
F2	1086886,96	3471,47	173,44
F3	1086886,96	2406,13	173,44
F4	1086886,96	1429,85	173,44

P6			
	Us [N]	As [mm ²]	O [mm]
F1	815165,22	3916,58	173,44
F2	815165,22	4303,67	173,44
F3	815165,22	3825,56	173,44
F4	815165,22	1399,31	173,44

Tabla 28: Cuantías de acero pasivo obtenidas para las uniones de los pilares 5 y 6

Las cuantías que muestran las tablas anteriores serán repartidas en ambas caras de la viga, son cuantías totales.

7.2.3 Armado de vigas en la unión pilar-viga

Una vez obtenidas las cuantías de acero pasivo que son necesarias para que la sección soporte la sollicitación a flexión, podemos definir su armado final.

El tendón de acero activo que quedó definido en el apartado anterior se mantiene en todas las uniones. De modo que tal y como se indicó, estará formado por 8Ø0,6" de acero de alta ductilidad Y1860s.

El tendón quedará libre, en el interior de una vaina de suficiente diámetro, y su tesado inicial será del 60% de su límite de rotura. Se dispone en el centro geométrico de la sección y será pasante a través de todos los pilares que configuran el pórtico anclándose en las uniones extremas.

En cuanto al acero pasivo, se ha optado por redondos del Ø16 y Ø20, obteniendo las siguientes tablas de armado.

P5				
	Cuantía necesaria, As [mm ²]	Armado superior	Armado inferior	Cuantía dispuesta, As [mm ²]
F1	3653,79	6Ø20	6Ø20	3769,91
F2	3400,31	6Ø20	6Ø20	3769,91
F3	2334,97	6Ø16	6Ø16	2412,74
F4	1358,69	4Ø16	4Ø16	1608,50

P6				
	Cuantía necesaria, As [mm ²]	Armado superior	Armado inferior	Cuantía dispuesta, As [mm ²]
F1	3653,79	7Ø20	7Ø20	4398,23
F2	3400,31	7Ø20	7Ø20	4398,23
F3	2334,97	7Ø16	7Ø16	2814,87
F4	1358,69	4Ø16	4Ø16	1608,50

Tabla 29: Armado asignado a las uniones de los pilares 5 y 6

Como se ha comentado anteriormente, el acero pasivo se aloja en vainas que son inyectadas con mortero de alta resistencia, lo que les da capacidad de disipación de energía al plastificar.

Estas barras serán pasantes a través del pilar y se prolongarán en 1/3 a ambos lados del mismo. El conjunto de planos nº 8 muestra el despiece del refuerzo híbrido de las uniones.

7.2.4 Longitud de enfundado de acero pasivo

Debemos tener en cuenta, que cuando se produce el giro máximo de la sección tanto la armadura pasiva como la activa sufren una elongación que afectará a la estabilidad de la unión.

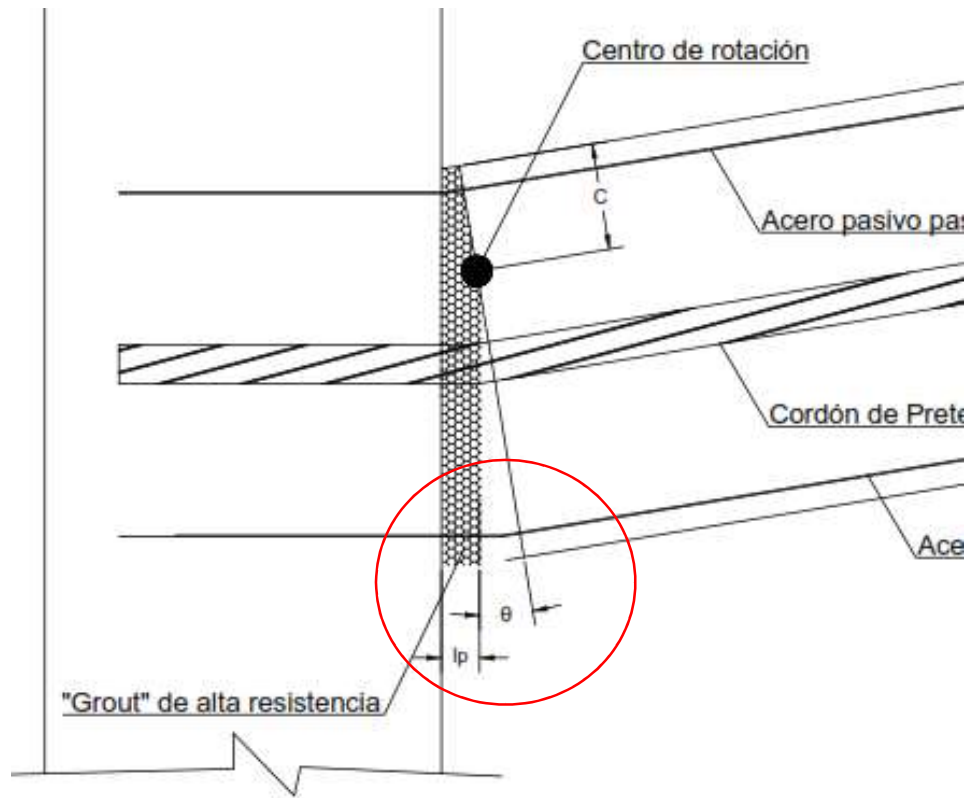


Fig. 41: Fuerzas que intervienen en la sección híbrida sometida a flexión positiva

El acero pasivo, de tipo B500S, presenta un límite de rotura muy inferior al acero de pretensado, lo que implica que en el giro máximo sea susceptible de rotura en la propia unión. Para evitar que la rotura se produzca en la unión, donde no disiparía tanta energía que si rompiese en la rótula plástica se recurre al enfundado de las barras.

El enfundado se realiza con un material de teflón cuya función es evitar la adherencia de la barra al mortero inyectado, lo que supone un incremento de la longitud de rótula plástica. Este recurso dota a la longitud enfundada de mayor libertad ante el giro y relaja la tensión del acero en la unión.

En valores últimos, si determinamos el valor de deformación de la armadura debido al giro de la sección en un 2% (para aceros de alta ductilidad), y conocemos su incremento de longitud también debido al giro, podemos calcular la longitud de rótula plástica, puesto que en l_p es donde se concentra la deformación plástica de la armadura:

$$\varepsilon_s = \frac{\Delta l}{l_p} = \frac{\theta \cdot (b - x)}{l_p} = 0,02 \quad (44)$$

$$l_p = \frac{0,025 \cdot (440 - 130,08)}{0,02} = 387,4 \text{ mm}$$

El giro máximo, θ , se produce en torno a la fibra neutra y se considera de un 2,5% en

estructuras próximas al colapso, entendiéndose como tal el que se produce al dividir el desplazamiento entre plantas por la altura de la estructura.

En este caso es su tangente, que puede considerarse como el propio ángulo si tenemos en cuenta la tendencia trigonométrica de la tangente en ángulos próximos a cero

dónde:

l_p : Longitud de rótula plástica

Δl : Incremento de longitud de armadura debido al giro de la sección

ε_s : Deformación de la armadura

Luego la longitud final de enfundado y de rótula plástica, empleada durante el análisis por capacidad en el punto anterior, es de 387,4 mm.

8 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE ESTRUCTURAS TRADICIONALES Y ESTRUCTURAS PREFABRICADAS

Con objeto de justificar la viabilidad económica de la estructura prefabricada frente a la construcción tradicional se presenta este análisis comparativo, basado en el estudio de costes directos e indirectos de ambos procesos constructivos.

Se pretende, con esta comparativa, completar la justificación de la viabilidad técnica del estudio a nivel económico, ya que, demostrada la primera, la ventaja o desventaja del método constructivo radica en los costes económicos derivado de su ejecución.

8.1 Estudio de Costes Directos

El estudio de costes directos analiza las principales unidades de obra que componen el proyecto, diferenciadas por procesos constructivos y usando como base económica la Base de Costes de la Construcción de Andalucía (BCCA) [19], actualizada en 19 de julio de 2017 y publicada por la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía. La representación de costes directos se hace mediante la creación de un presupuesto específico para cada proceso constructivo generado con el soporte informático Presto 8.8 [10].

8.2 Estudio de Costes Indirectos

El estudio de costes indirectos se basa en la planificación técnica de los métodos constructivos propuestos, en los costes derivados de las diferentes fases del proyecto y en los factores que suponen un ahorro sustancial como es el rendimiento constructivo de ambos sistemas.

Los costes indirectos en los proyectos de obras vienen regulados por el artículo 130 la Ley de Contratos del Sector Público, [20] (LCSP). Éste tipo de costes engloban gastos de administración, dirección técnica, organización, vigilancia, transporte de maquinaria, ... Es decir, los costes indirectos están vinculados a la estructura de la empresa y se producen, en mayor o menor cuantía, desde el momento en el que existe la empresa y tiene un inmovilizado y alguna estructura del personal.

De forma general, pueden clasificar por su naturaleza en:

- **Costes previos:** son costes que se dan de forma previa al inicio de los trabajos, como seguros, tasas de publicidad, licencia de obras o gastos financieros por formalización de garantías, en caso de contratación pública.
- **Costes de inmovilizado:** derivados del patrimonio inmovilizado que la empresa posee en propiedad y pone a disposición de las obras y cuya estimación directa es imposible de calcular. Son ejemplos de ello los centros de trabajo, maquinaria, útiles, ...
- **Costes Corrientes:** que se producen mensualmente y no forman parte de unidades de obra. Pueden considerarse el Jefe de obra, los gastos de luz y agua o incluso, de alquileres de casetas de obra y aseos portátiles.
- **Costes Diferidos:** son los que se producen a la finalización de los trabajos, como los derivados de la limpieza y terminación, la recepción de obra y posteriores como los que se dan durante el periodo de garantía.

Como se puede deducir, de una adecuada planificación de obra y de costes indirectos se puede obtener un ahorro sustancial en la ejecución de los trabajos. Para su análisis en el proyecto que nos ocupa, se han estimado los siguientes costes indirectos mensuales, Tabla 30.

	€/ mes
Jefe de Obra	3.000,00
Jefe de producción	3.000,00
Encargado	3.000,00
Personal de seguridad	2.300,00
Instalaciones de Higiene y Bienestar (casetas, WC, ...)	500,00
Alquiler de maquinaria	6.000,00
Otros (consumibles, ...)	5.000,00
TOTAL	22.800,00 € / mes

Tabla 30: Costes indirectos mensuales

Según el artículo 130 de la LCSP [20], mencionado anteriormente, “(...), todos estos gastos, excepto aquellos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra, se cifrarán en un porcentaje igual para todas las unidades de obra, (...)”. De modo que este coste se reflejará como un porcentaje sobre el coste directo del proyecto y se indicará expresamente el resumen del presupuesto.

8.2.1 Planificación técnica

La planificación técnica del proyecto determinará su duración, factor clave, en la repercusión económica de los costes indirectos.

Para justificar el plazo de ejecución se emplea la base metodológica del “Método de la Ruta Crítica”, que consiste en calcular la duración total de un proyecto basándose en la duración de cada una de las tareas y sus dependencias, identificando de este modo, que tareas son susceptibles a los retrasos. Se obtiene el camino crítico, que es el más largo que puede darse en el proyecto y se considera como la duración total.

La duración estimada de las unidades de obra se obtiene de la relación medición-rendimiento. Se han considerado las expuestas en la tabla 31 y 32, diferenciando entre métodos constructivos.

	Medición	Rendimiento	Uds.
Trabajos Preliminares	750,00	500	m ² /día
Movimiento de Tierras	825,00	70	m ³ /día
Cimentación	750,00	60	m ² /día
Estructura	3000,00	75	m ² /día

Tabla 31: Rendimiento por unidades de obra mediante construcción tradicional

	Medición	Rendimiento	Uds.
Trabajos Preliminares	750,00	500	m ² /día
Movimiento de Tierras	825,00	70	m ³ /día
Cimentación	750,00	60	m ² /día
Estructura			
Pilares	48,00 (24x2)	10	Uds./día
Vigas	38,00	10	Uds./día
Placas Alveolares	2292,00	150	m ² /día

Capa de compresión	2815,00	800	m ² /día
---------------------------	---------	-----	---------------------

Tabla 32: Rendimiento por unidades de obra mediante construcción prefabricada

Únicamente se analiza la planificación técnica de la ejecución de la estructura, ya que el proceso restante se ejecuta del mismo modo para los métodos de ejecución propuestos, no siendo significativos para el objeto de éste análisis comparativo. Los resultados se muestran a continuación.

Es importante hacer mención a los tiempos muertos que sufren las estructuras construidas “in situ”. Recordemos que un elemento estructural hormigonado in situ no debe entrar en carga hasta que el hormigón alcance su resistencia de característica, y que este periodo se establece en 28 días. Este factor se refleja en el diagrama adjunto y supone un aumento considerable del plazo de ejecución.

El plazo de ejecución estimado es de:

Método Tradicional	Estructura Prefabricada
160 días naturales	72 días naturales

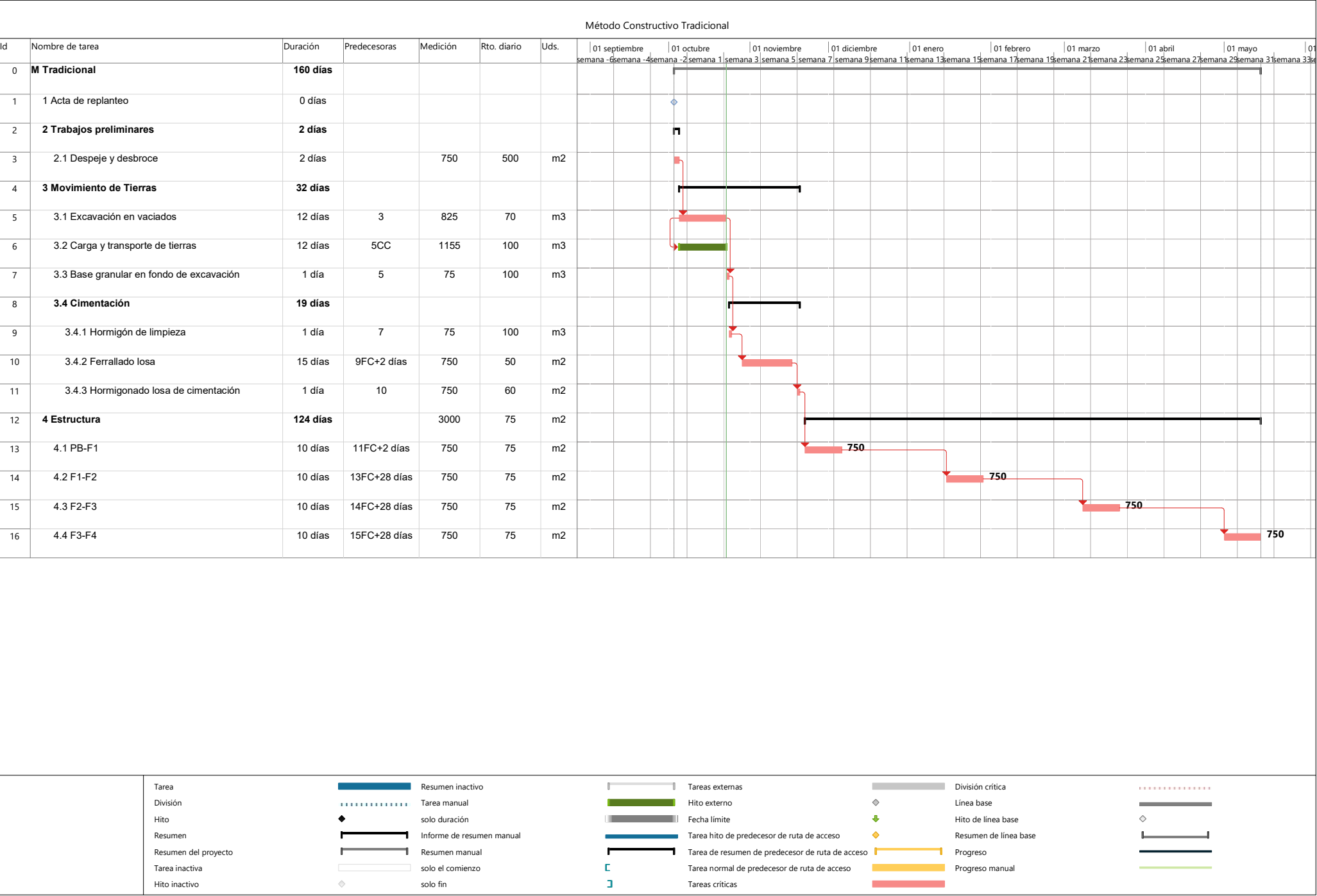
Tabla 33: Plazo de ejecución estimado

8.2.2 Resumen comparativo económico

	Método Tradicional	Estructura Prefabricada
Coste Directo	425.801,12 €	482.408,01 €
Coste Indirecto mensual	22.800,00 €	22.800,00 €
Plazo de ejecución	160 días nat.	72 días nat.
Coste Indirecto	121.596,03€	57.756,71 €
Coste Total	547.397,15 €	540.166,72 €

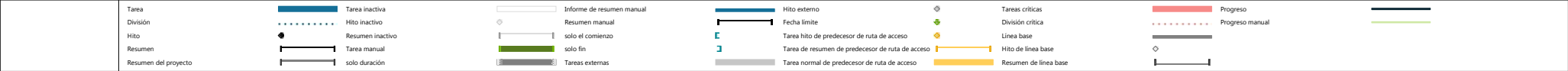
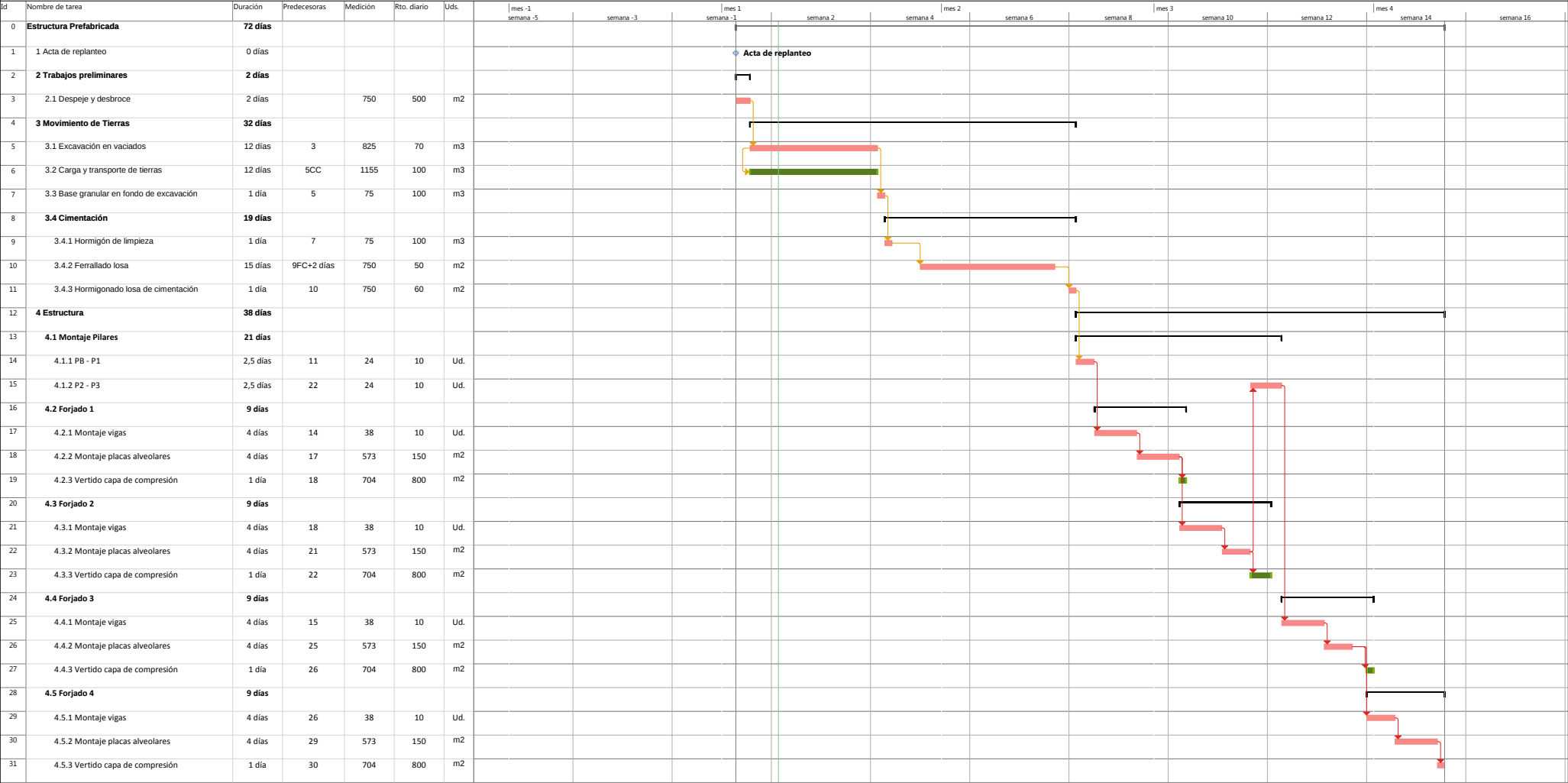
Tabla 34: Resumen económico

PLANIFICACIÓN TÉCNICA MÉTODO TRADICIONAL



**PLANIFICACIÓN TÉCNICA
ESTRUCTURA PREFABRICADA**

Estructura Prefabricada



9 CONCLUSIONES

Del estudio expuesto concluimos finalmente, que las estructuras prefabricadas, adecuadamente dimensionadas, son una alternativa más que competitiva en zonas de donde las acciones laterales son importantes.

Se ha fundamentado la capacidad de la estructura con el empleo de conexiones de tipo híbridas, basándose en un análisis por capacidad y verificando el mecanismo de colapso en situaciones extremas.

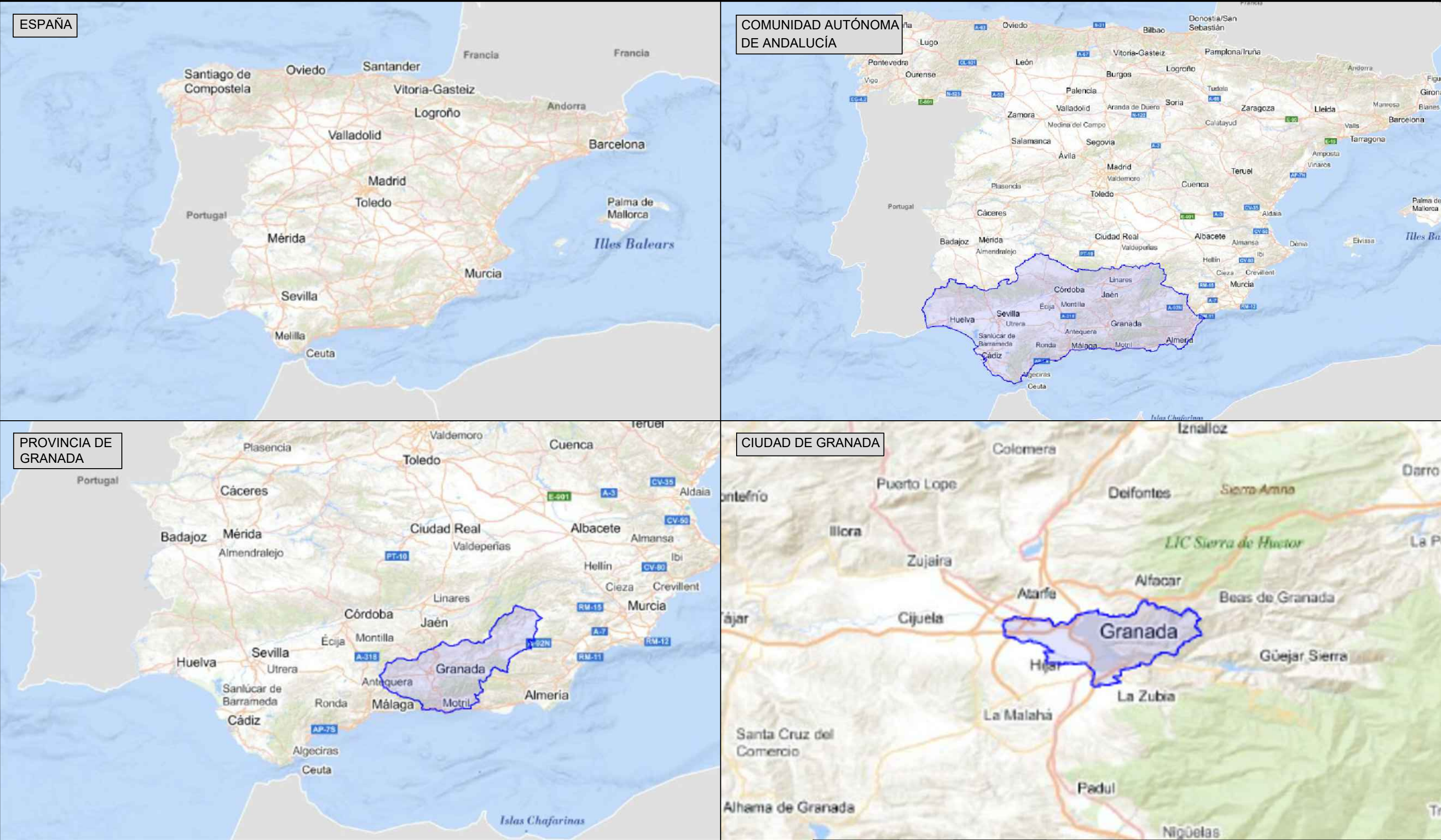
Se ha estimado la ventaja económica de la ejecución de estructuras con elementos prefabricados, y es de sobra conocido, que este tipo de construcción ofrece controles de calidad y trazabilidad de sus elementos mucho más exhaustivos que los que se dan en la construcción tradicional.

Si bien se reconoce que el método tiene un coste elevado, su ventaja sobresale cuando se dan un proceso constructivo bien organizado, con una ejecución estudiada que aprovecha la capacidad de los equipos, pudiendo reducir considerablemente el plazo de ejecución de las obras. Un plazo de ejecución menor siempre representa un ahorro importante en cuanto a costes indirectos.

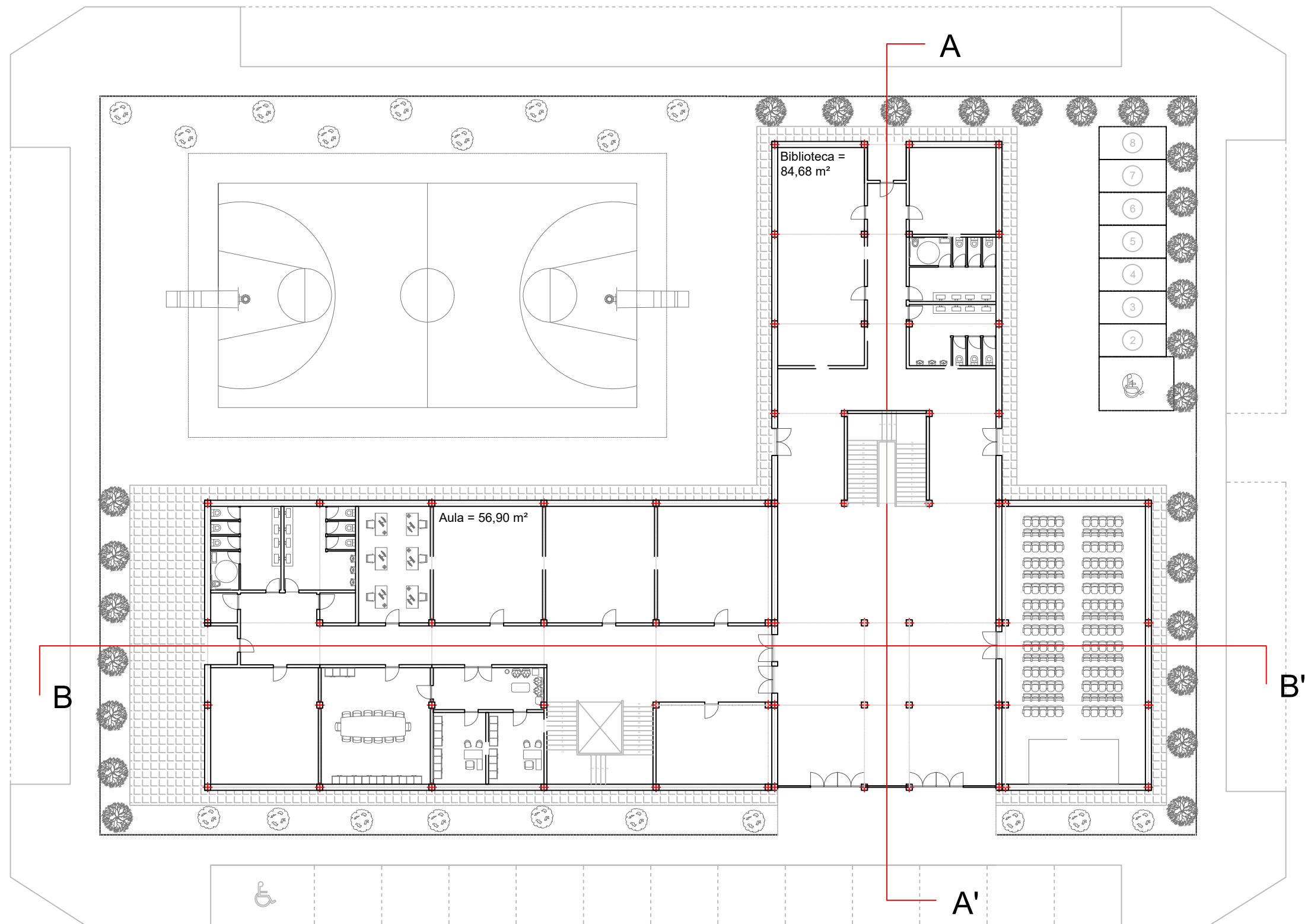
ANEXO I PLANOS

Índice de planos:

Plano N° 1, Hoja 1 de 1	<i>Situación y emplazamiento.</i>
Plano N° 2, Hoja 1 de 3	<i>Arquitectura General, Planta Baja.</i>
Plano N° 2, Hoja 1 de 2	<i>Arquitectura General, Planta 1ª, 2ª, 3ª y Planta de cubierta.</i>
Plano N° 2, Hoja 1 de 3	<i>Arquitectura General, Secciones Transversales.</i>
Plano N° 3, Hoja 1 de 2	<i>Arquitectura Módulo 1, Acotado – Planta Baja</i>
Plano N° 4, Hoja 1 de 1	<i>Replanteo de pilares, Módulo 1.</i>
Plano N° 5, Hoja 1 de 2	<i>Cuadro de pilares, Cimentación.</i>
Plano N° 5, Hoja 2 de 2	<i>Cuadro de pilares, Forjado 1 a Forjado 4.</i>
Plano N° 6, Hoja 1 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 1, Pórticos 5 y 6.</i>
Plano N° 6, Hoja 2 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 1, Pórticos 7, 8 y 9.</i>
Plano N° 6, Hoja 3 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 1, Pórtico 10.</i>
Plano N° 6, Hoja 4 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 2, Pórticos 5 y 6.</i>
Plano N° 6, Hoja 5 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 2, Pórticos 7, 8 y 9.</i>
Plano N° 6, Hoja 6 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 2, Pórtico 10.</i>
Plano N° 6, Hoja 7 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 3, Pórtico 5, 6 y 7.</i>
Plano N° 6, Hoja 8 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 3, Pórticos 8, 9 y 10.</i>
Plano N° 6, Hoja 9 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 4, Pórticos 5, 6 y 7.</i>
Plano N° 6, Hoja 10 de 10	<i>Despiece de vigas, Forjado 4, Pórtico 8, 9, 10.</i>
Plano N° 7, Hoja 1 de 1	<i>Detalle de conexión híbrida.</i>



		FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
	DIBUJADO		ROCÍO M.		
	COMPROBADO		RUIZ		
			CASTILLO		
	ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			
S/E	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO				HOJA 1 DE 1
					SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:

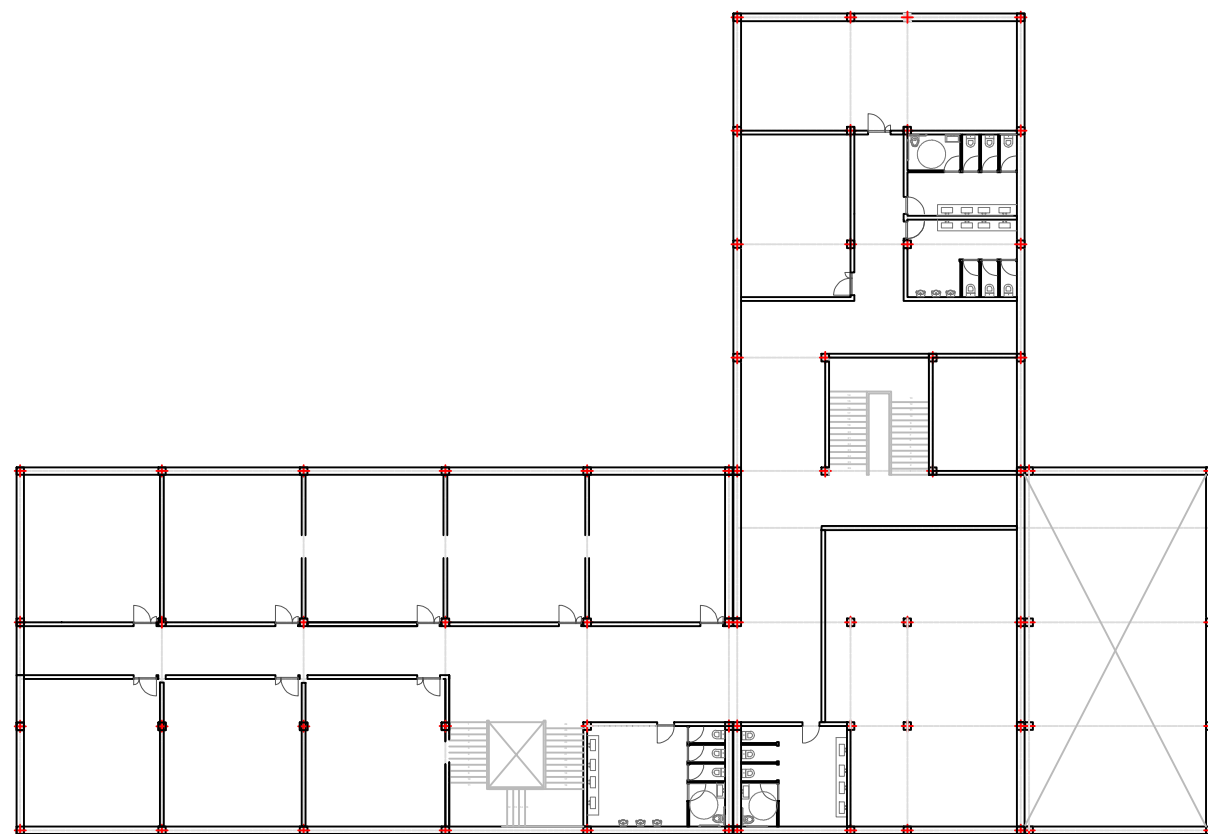


PLANTA BAJA +0,00 m

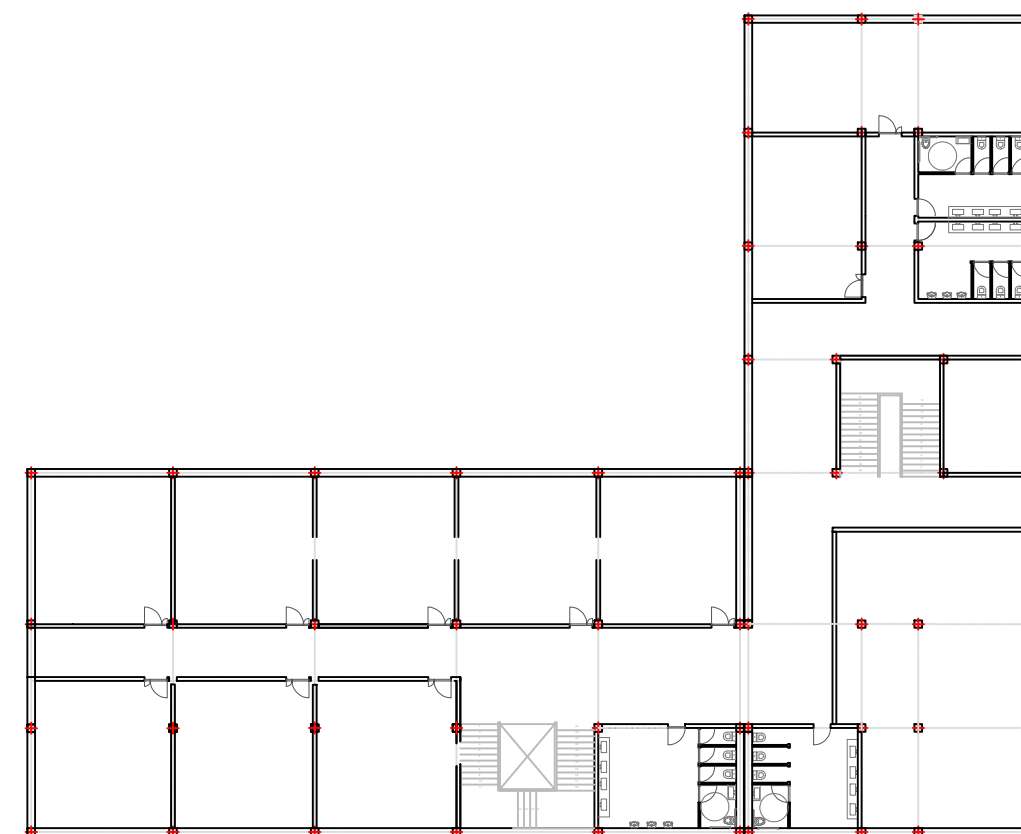
ACCESO PRINCIPAL

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		ROCÍO M.		
COMPROBADO		RUIZ		
		CASTILLO		
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			Nº PLANO 2
S/E	Arquitectura General Planta Baja			HOJA 1 DE 3
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

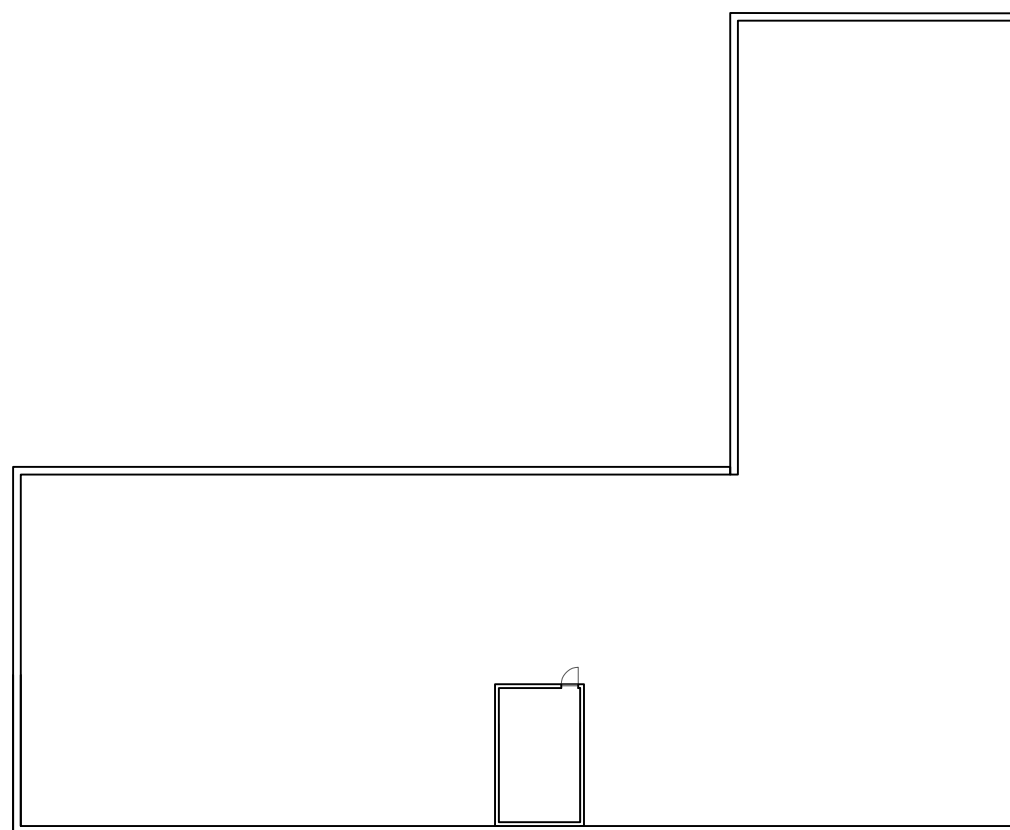
Arquitectura General
Planta Baja



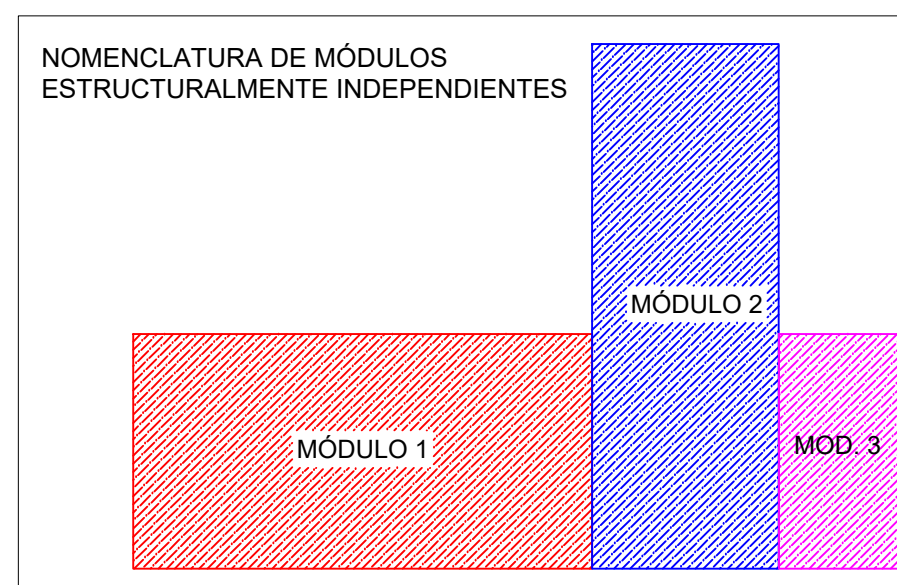
PRIMERA PLANTA +3,90 m



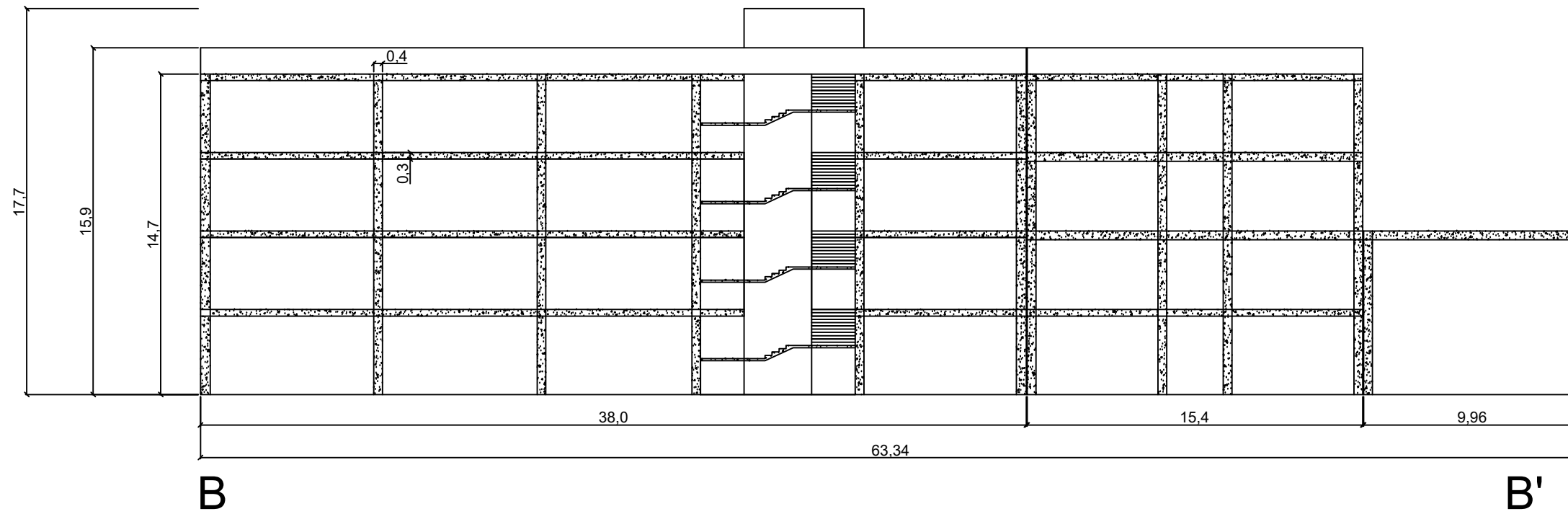
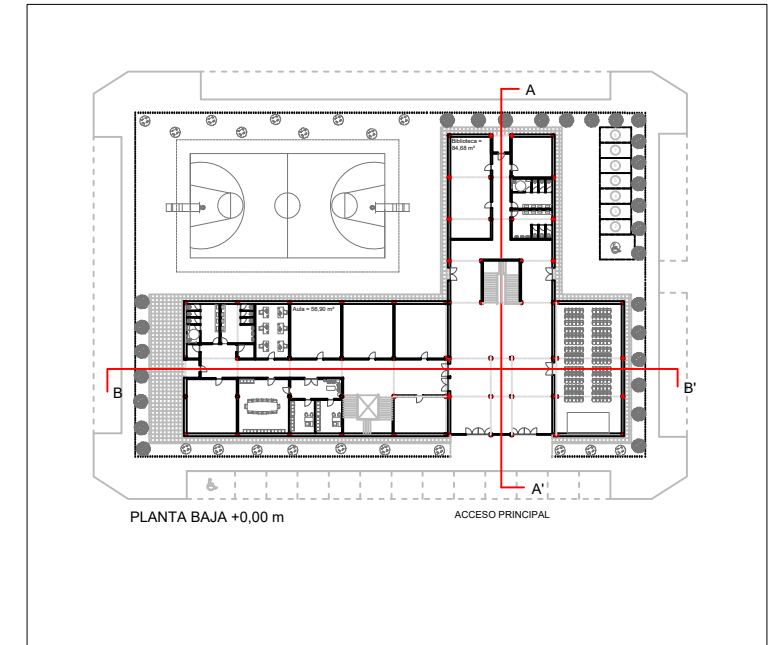
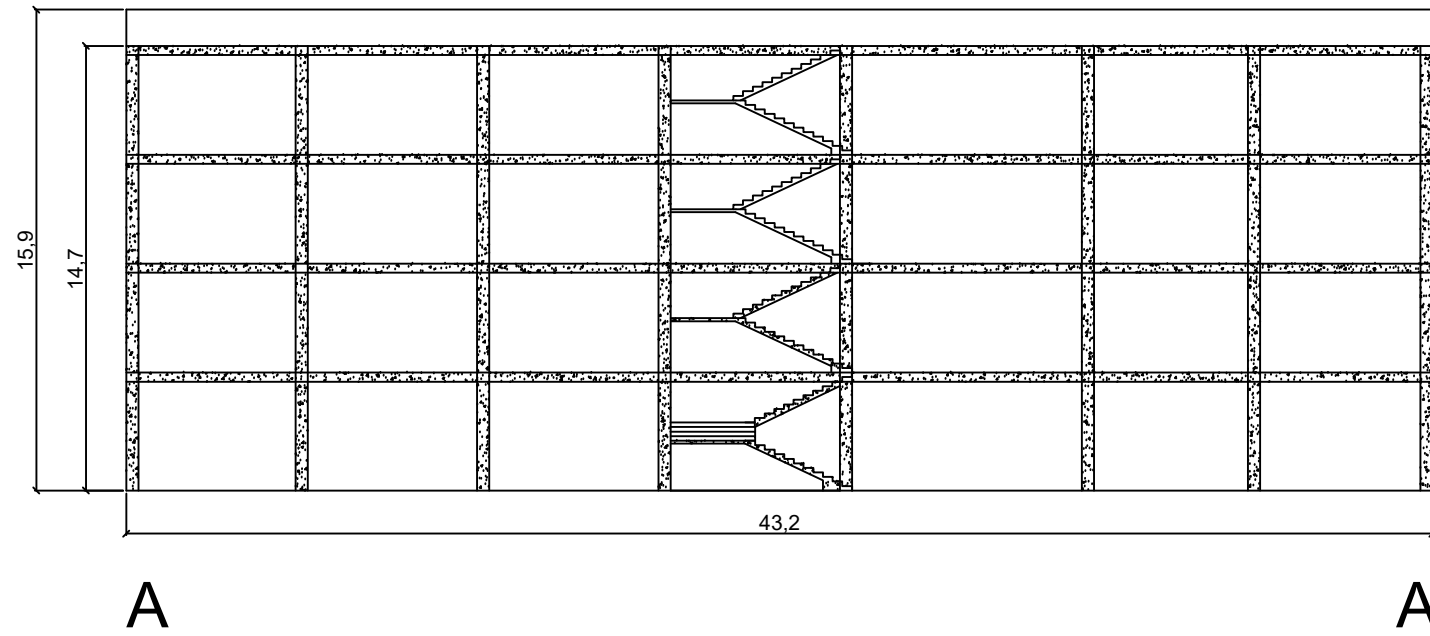
SEGUNDA PLANTA (+7,5 m) Y TERCERA PLANTA (+11,10 m)



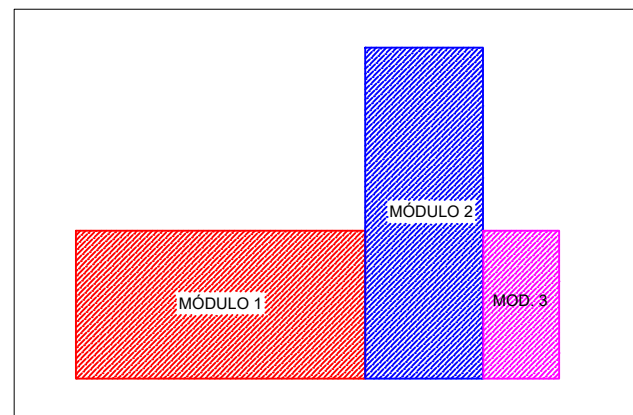
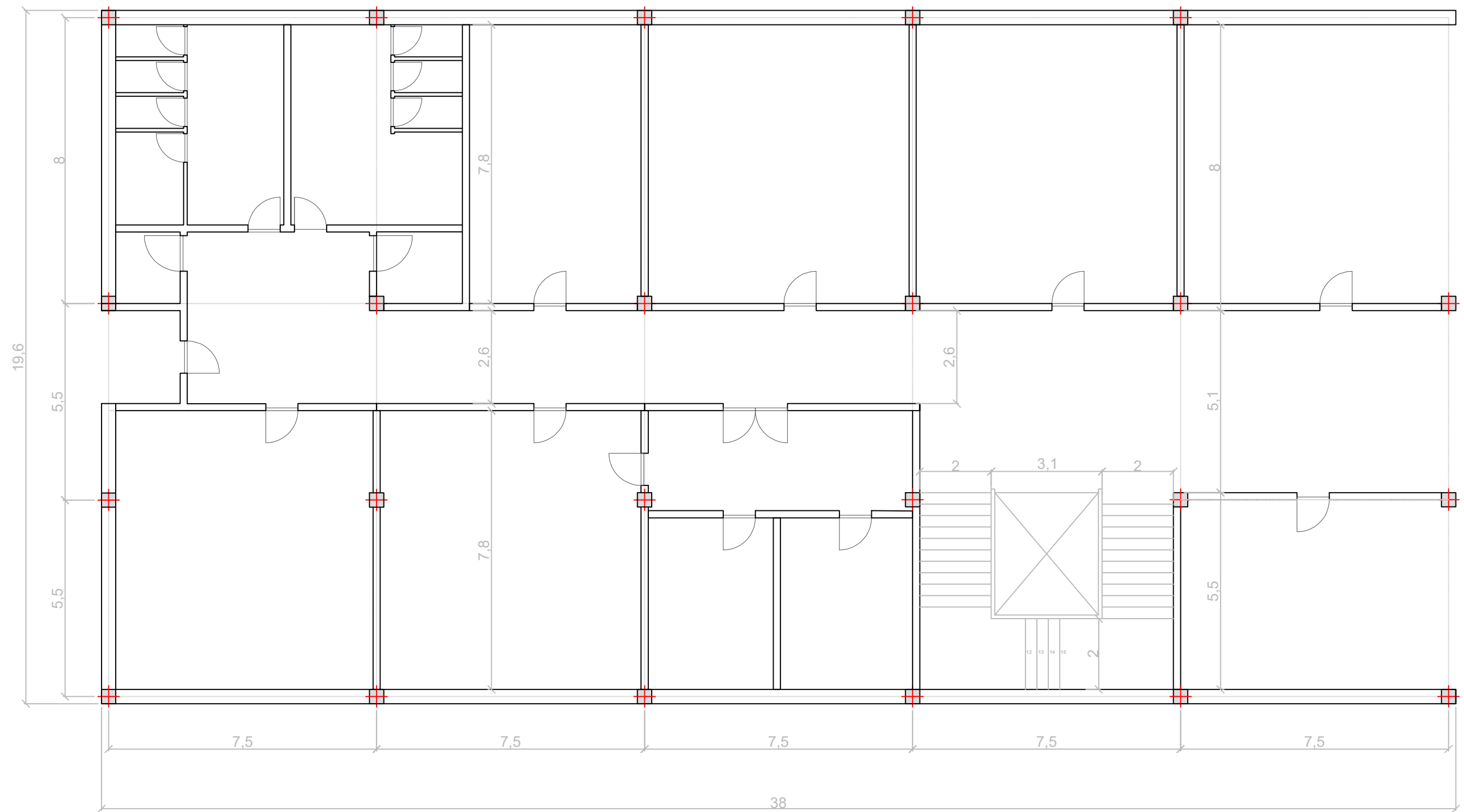
PLANTA CUBIERTA +14,70 m



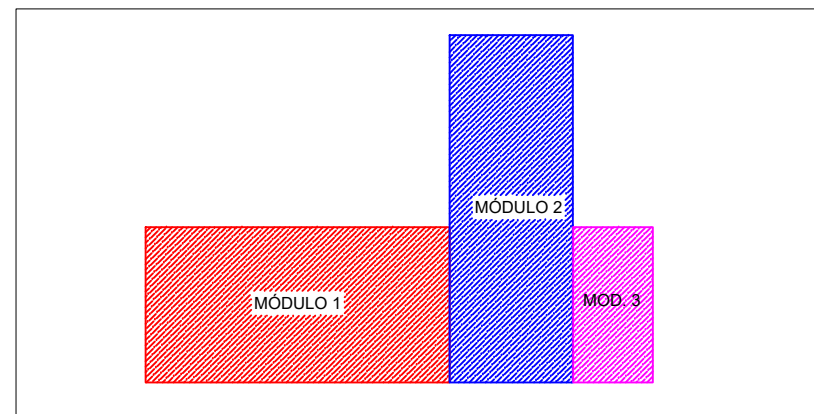
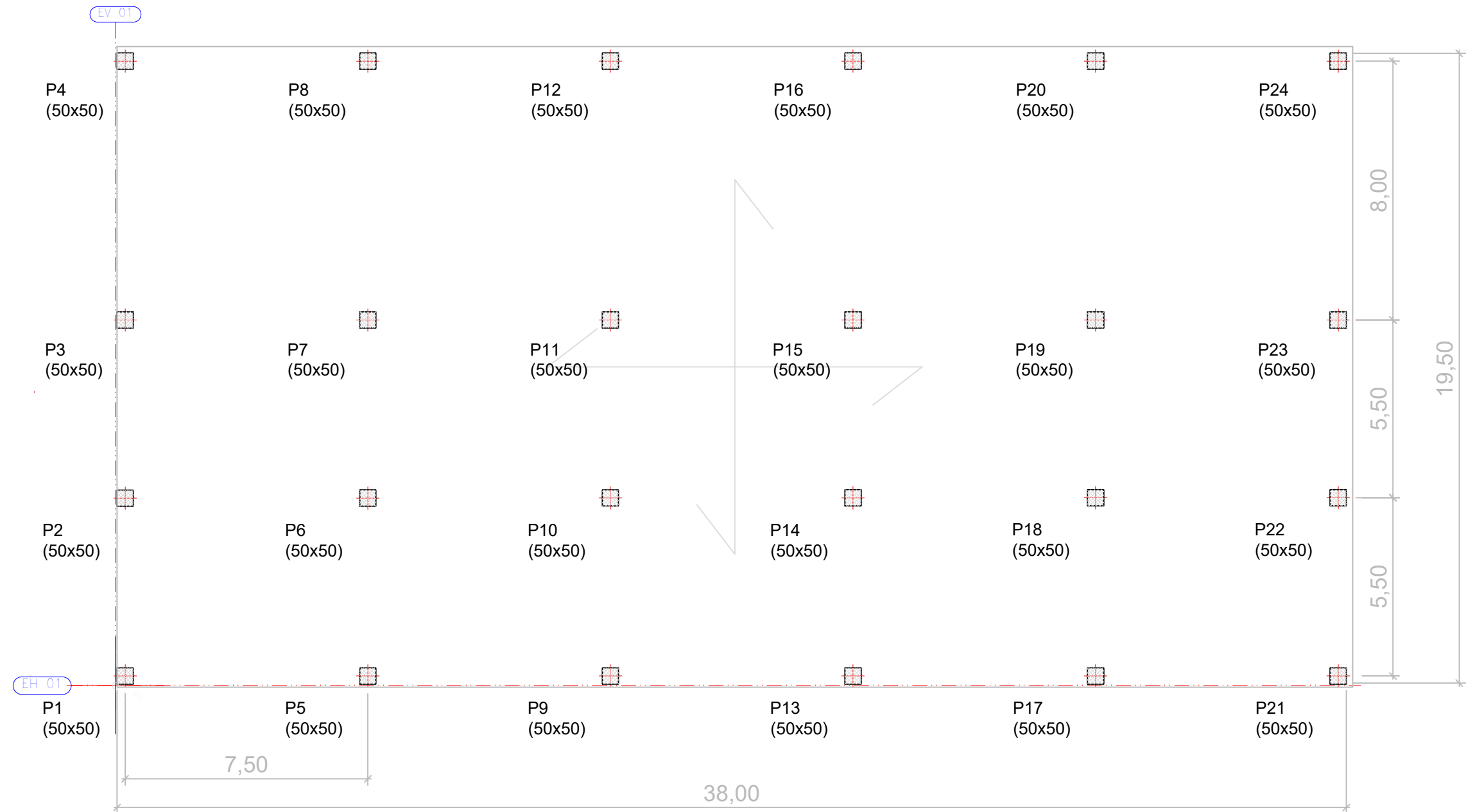
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		ROCÍO M.			
COMPROBADO		RUIZ			
		CASTILLO			
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD Arquitectura General Plantas 1ª, 2ª y 3ª y Planta de Cubierta			Nº PLANO	2
S/E				HOJA 2 DE 3	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		ROCÍO M.		
COMPROBADO		RUIZ		
		CASTILLO		
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			Nº PLANO 2
S/E	Arquitectura General Secciones Transversales			HOJA 3 DE 3
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

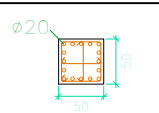
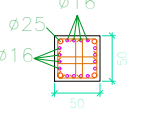
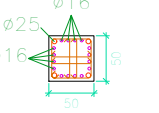
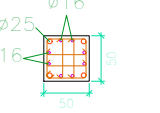
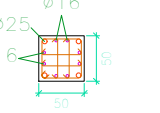
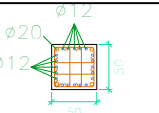
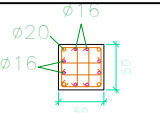
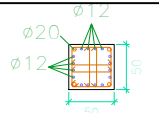
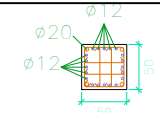
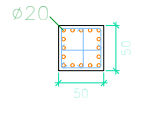
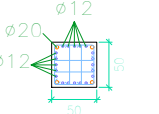
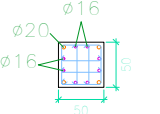
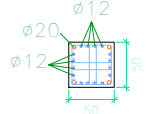
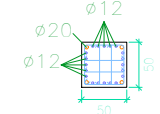


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		ROCÍO M.		
COMPROBADO		RUIZ		
		CASTILLO		
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			Nº PLANO 3
1/125	Arquitectura Módulo 1 Acotado de PB a P3			HOJA 1 DE 1
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		ROCÍO M.		
COMPROBADO		RUIZ		
		CASTILLO		
ESCALA: 1/150	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD Replanteo de Pilares Módulo 1			Nº PLANO 4 HOJA 1 DE 1
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

Replanteo de Pilares
Módulo 1

P1	P2	P3	P4=P6=P13=P17=P21	P5	P7=P11	P8=P12=P15=P16=P18	P9=P14=P22=P23	P10
								
Arm. Long.: 16Ø20					Arm. Long.: 4Ø20+20Ø12	Arm. Long.: 4Ø20+8Ø16	Arm. Long.: 4Ø20+16Ø12	Arm. Long.: 4Ø20+20Ø12
Estribos: Ø8					Estribos: Ø8	Estribos: Ø8	Estribos: Ø8	Estribos: Ø8
Intervalo (cm) N° Separación (cm)					Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)
240 a 390 15 10					240 a 390 25 6	240 a 390 15 10	240 a 390 25 6	240 a 390 25 6
100 a 240 8 18					100 a 240 10 15	100 a 240 7 20	100 a 240 10 15	100 a 240 10 15
0 a 100 16 6					0 a 100 16 6	0 a 100 16 6	0 a 100 16 6	0 a 100 16 6
								
Arranque					Arranque	Arranque	Arranque	Arranque
Arm. Long.: 16Ø20					Arm. Long.: 4Ø20+20Ø12	Arm. Long.: 4Ø20+8Ø16	Arm. Long.: 4Ø20+16Ø12	Arm. Long.: 4Ø20+20Ø12
Estribos: 3Ø6					Estribos: 3Ø6	Estribos: 3Ø6	Estribos: 3Ø6	Estribos: 3Ø6

Cimentación

Resumen Acero Cuadro de pilares	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15 Ø6	171.4	42	19547
Ø8	14754.6	6405	
Ø12	4405.2	4302	
Ø16	1185.8	2059	
Ø20	1951.4	5294	
Ø25	340.8	1445	

Cuadro de pilares
Escala 1:1
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		ROCÍO M.		
COMPROBADO		RUIZ		
		CASTILLO		
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			Nº PLANO 5
S/E	Cuadro de pilares			HOJA 1 DE 2
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

Arm. Long.: 4Ø20+8Ø16	Arm. Long.: 4Ø25+12Ø16	Arm. Long.: 4Ø25+12Ø16	Arm. Long.: 4Ø20+16Ø12	Arm. Long.: 4Ø20+12Ø12	Arm. Long.: 4Ø20+16Ø12	Arm. Long.: 4Ø20+12Ø12	Arm. Long.: 4Ø20+12Ø12	Arm. Long.: 4Ø20+20Ø12
Estribos: Ø8	Estribos: Ø8	Estribos: Ø8	Estribos: Ø8	Estribos: Ø8	Estribos: Ø8	Estribos: Ø8	Estribos: Ø8	Estribos: Ø8
Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)	Intervalo (cm) N° Separación (cm)
210 a 360 15 10	210 a 360 15 10	210 a 360 15 10	210 a 360 25 6	210 a 360 25 6	210 a 360 25 6	210 a 360 25 6	210 a 360 25 6	210 a 360 25 6
100 a 210 6 20	100 a 210 10 12	100 a 210 8 14	100 a 210 8 15	100 a 210 8 15	100 a 210 8 15	100 a 210 8 15	100 a 210 8 15	100 a 210 8 15
0 a 100 16 6	0 a 100 16 6	0 a 100 16 6	0 a 100 16 6	0 a 100 16 6	0 a 100 16 6	0 a 100 16 6	0 a 100 16 6	0 a 100 16 6

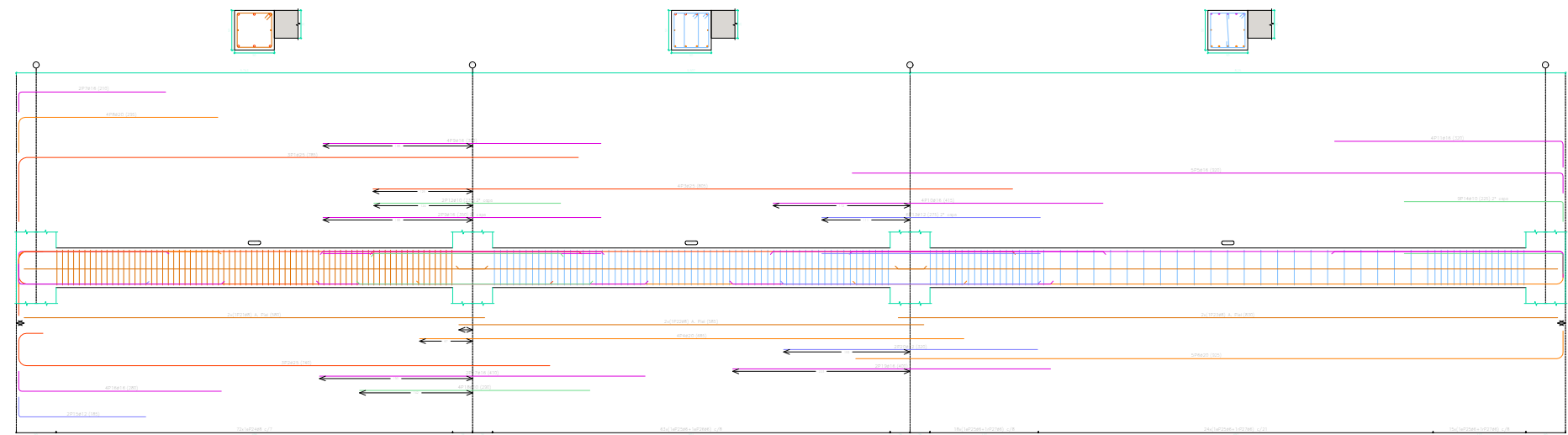
Forjado 1 – Forjado 4

Resumen Acero Cuadro de pilares	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15 Ø6	171.4	42	
Ø8	14754.6	6405	
Ø12	4405.2	4302	
Ø16	1185.8	2059	
Ø20	1951.4	5294	
Ø25	340.8	1445	19547

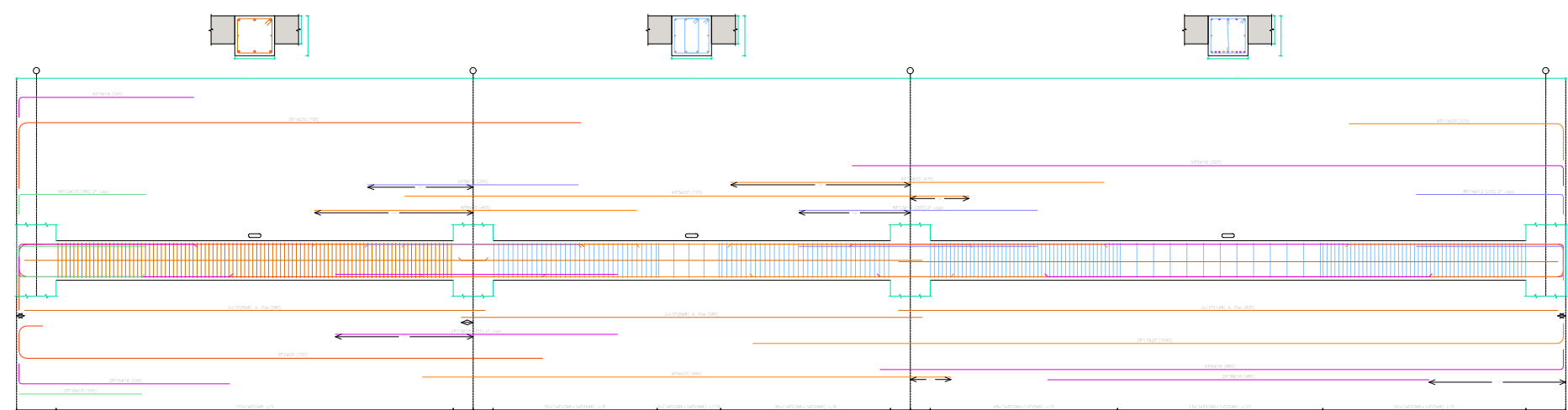
Cuadro de pilares
Escala 1:1
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		ROCÍO M.		
COMPROBADO		RUIZ		
		CASTILLO		
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			Nº PLANO 5
S/E				HOJA 2 DE 2
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:
Cuadro de pilares				

Pórtico 5



Pórtico 6

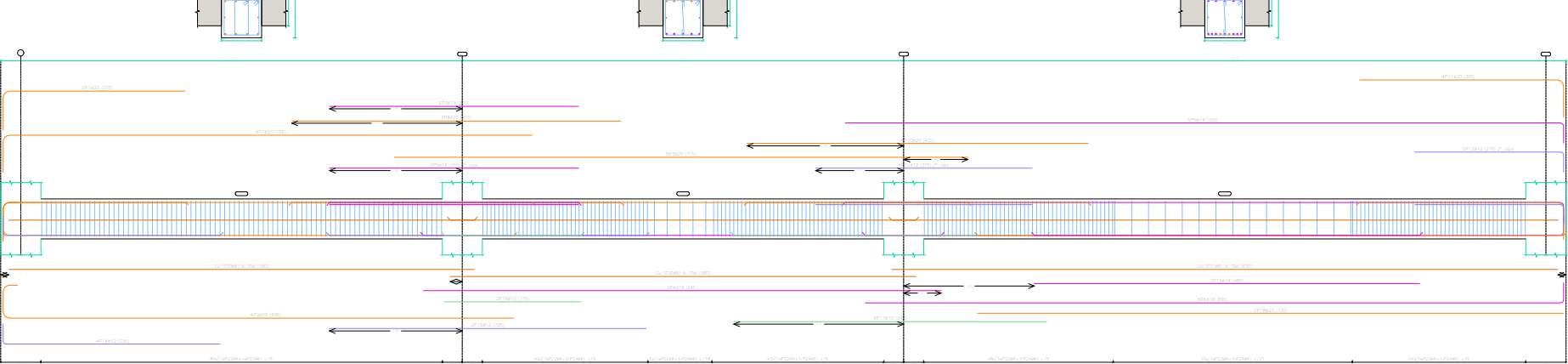


Forjado 1
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, $\gamma_c=1.5$
Acero en barras: B 500 S, $\gamma_s=1.15$
Acero en estribos: B 500 S, $\gamma_s=1.15$
Escala pórticos 1:20
Escala secciones 1:20
Escala huecos 1:20

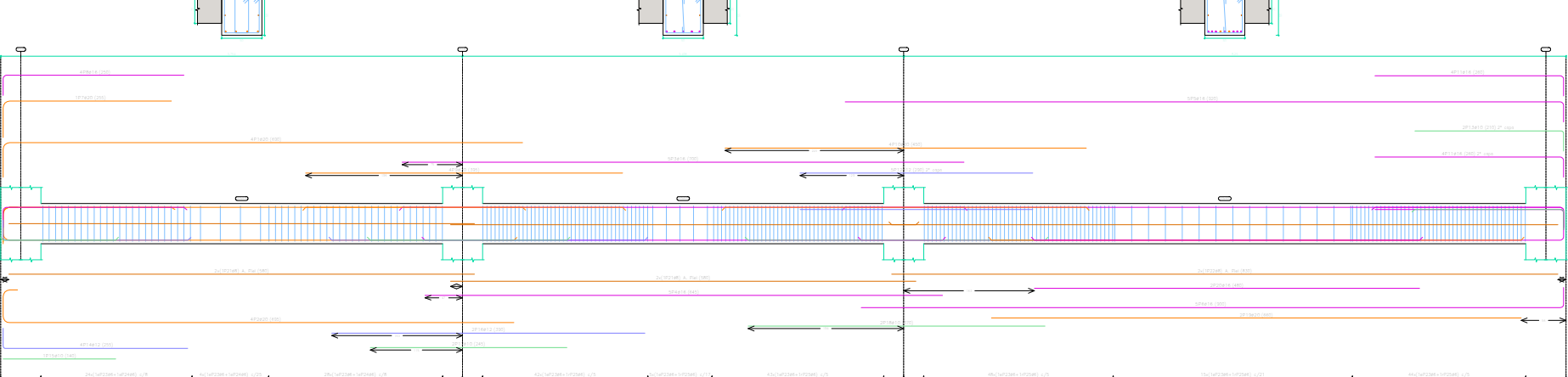
Elemento	Pos.	Dím.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Tota (cm)	B 500 S, $\gamma_s=1.15$ (kg)
Portal 5	1	#25	2		195	175	30.7
	2	#25	2		195	175	30.7
	3	#25	2		195	175	30.7
	4	#25	2		195	175	30.7
	5	#16	3		195	175	10.6
	6	#25	2		195	175	30.7
	7	#16	3		195	175	10.6
	8	#25	2		195	175	30.7
	9	#16	3		195	175	10.6
	10	#25	2		195	175	30.7
	11	#16	3		195	175	10.6
	12	#25	2		195	175	30.7
	13	#16	3		195	175	10.6
	14	#25	2		195	175	30.7
	15	#16	3		195	175	10.6
	16	#25	2		195	175	30.7
	17	#16	3		195	175	10.6
	18	#25	2		195	175	30.7
	19	#16	3		195	175	10.6
	20	#25	2		195	175	30.7
	21	#16	3		195	175	10.6
	22	#25	2		195	175	30.7
	23	#16	3		195	175	10.6
	24	#8	15		180	1500	53.7
	25	#8	15		180	1500	53.7
	26	#8	15		180	1500	53.7
	27	#8	15		180	1500	53.7
Portal 6	1	#25	2		195	175	30.7
	2	#25	2		195	175	30.7
	3	#25	2		195	175	30.7
	4	#25	2		195	175	30.7
	5	#16	3		195	175	10.6
	6	#25	2		195	175	30.7
	7	#16	3		195	175	10.6
	8	#25	2		195	175	30.7
	9	#16	3		195	175	10.6
	10	#25	2		195	175	30.7
	11	#16	3		195	175	10.6
	12	#25	2		195	175	30.7
	13	#16	3		195	175	10.6
	14	#25	2		195	175	30.7
	15	#16	3		195	175	10.6
	16	#25	2		195	175	30.7
	17	#16	3		195	175	10.6
	18	#25	2		195	175	30.7
	19	#16	3		195	175	10.6
	20	#25	2		195	175	30.7
	21	#16	3		195	175	10.6
	22	#25	2		195	175	30.7
	23	#16	3		195	175	10.6
	24	#8	15		180	1500	53.7
	25	#8	15		180	1500	53.7
	26	#8	15		180	1500	53.7
	27	#8	15		180	1500	53.7
TOTAL							2021.8

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES			
DIBUJADO		ROCÍO M.					
COMPROBADO		RUIZ					
		CASTILLO					
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD				Nº PLANO 6		
1/400	Despiece de Vigas Forjado 1 - Pórticos 5 y 6				HOJA 1 DE 10		
				SUSTITUYE A:			
				SUSTITUIDO POR:			

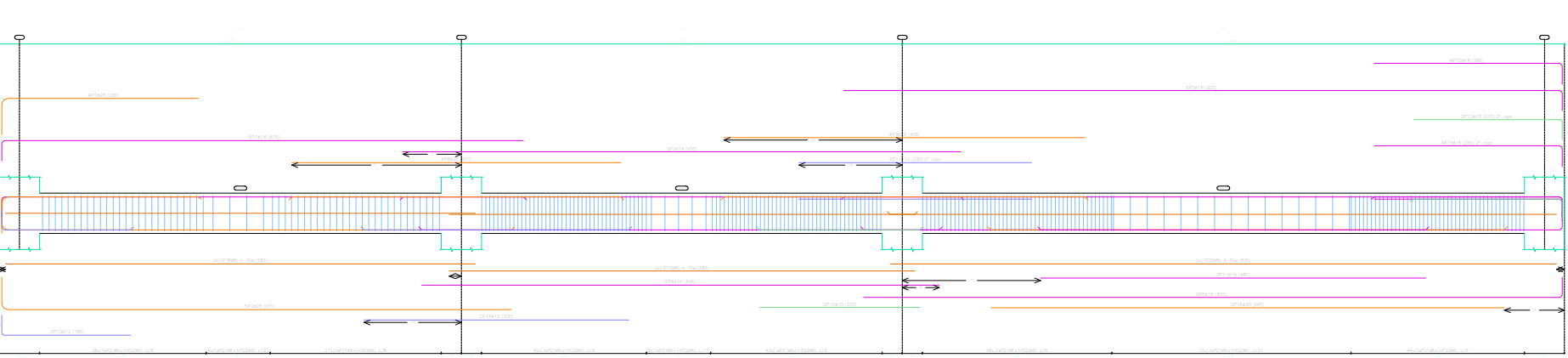
Pórtico 7



Pórtico 8



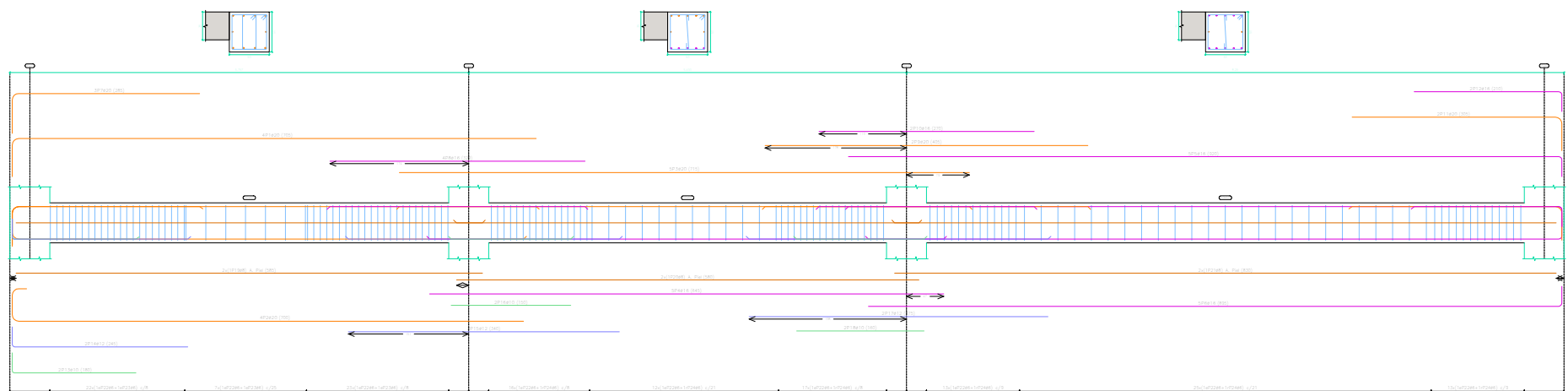
Pórtico 9



Elemento	Pos.	Dim.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Peso (kg)	500 S. (kg)	Var. L. (kg)
Pórtico 7	1	820	1		705	2.425	69.5	
	2	820	1		695	2.785	69.6	
	3	820	1		715	2.505	68.3	
	4	816	1		645	2.655	55.5	
	5	816	1		820	2.820	72.4	
	6	816	1		695	2.425	70.4	
	7	820	1		275	1.515	33.5	
	8	820	1		415	1.455	28.2	
	9	816	1		315	1.245	19.6	
	10	820	1		425	1.785	41.9	
	11	820	1		305	1.225	28.6	
	12	812	1		275	1.405	14.4	
	13	812	1		315	1.585	3.5	
	14	812	1		285	1.185	15.5	
	15	812	1		385	1.785	7.7	
	16	810	1		175	1.345	2.1	
	17	810	1		385	1.585	9.6	
	18	820	1		335	1.465	36.0	
	19	816	1		485	2.465	15.2	
	20	88	1		585	2.335	9.2	
	21	88	1		635	1.945	4.6	
Pórtico 8	22	88	287		184	32.148	116.0	
	23	88	84		128	27.732	23.9	
	24	88	287		55	344.35	24.0	
					184	32.148	834.5	
	1	820	1		695	2.785	69.6	
	2	816	1		705	2.505	52.2	
	3	816	1		645	2.225	50.9	
	4	816	1		820	1.695	52.6	
	5	816	1		905	1.895	71.6	
	6	816	1		255	2.155	6.3	
	7	820	1		225	1.705	19.8	
	8	816	1		355	1.585	35.0	
	9	820	1		485	1.895	44.4	
	10	816	1		285	1.785	12.5	
	11	812	1		295	1.405	12.3	
	12	810	1		275	1.425	0.6	
	13	812	1		255	1.705	9.1	
	14	810	1		140	1.495	9.9	
	15	812	1		395	1.85	6.9	
	16	810	1		335	1.745	4.4	
	17	810	1		245	1.45	3.0	
	18	810	1		335	1.745	4.4	
	19	820	1		485	1.895	33.6	
	20	816	1		485	2.335	15.2	
	21	88	1		585	2.335	9.2	
	22	88	1		635	1.945	6.6	
	23	88	252		184	27.028	104.4	
	24	88	16		128	7.168	15.3	
	25	88	170		55	158.31	24.0	
					184	32.148	834.5	
Pórtico 9	1	816	1		675	1.515	53.3	
	2	820	1		675	1.515	63.2	
	3	816	1		695	1.415	54.8	
	4	816	1		645	1.225	50.9	
	5	816	1		820	1.495	72.4	
	6	816	1		895	1.475	76.6	
	7	820	1		185	1.185	18.4	
	8	820	1		375	1.585	35.4	
	9	820	1		455	1.895	44.4	
	10	816	1		265	1.785	32.8	
	11	812	1		285	1.695	12.3	
	12	810	1		215	1.425	2.6	
	13	812	1		185	1.715	3.3	
	14	812	1		335	1.645	5.9	
	15	810	1		265	1.68	2.5	
	16	820	1		485	1.785	31.6	
	17	810	1		385	1.585	15.2	
	18	88	1		585	1.715	6.6	
	19	88	1		635	1.745	6.6	
	20	88	1		635	1.665	6.6	
	21	88	254		184	27.024	104.4	
	22	88	174		55	152.71	31.0	
					184	32.148	834.5	
					88	69.6	53.3	
					810	32.8	32.8	
					812	181.4	181.4	
					814	281.2	281.2	
					820	362.6	362.6	
					744	281.1	281.1	

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES			
DIBUJADO		ROCÍO M.					
COMPROBADO		RUIZ					
		CASTILLO					
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD				Nº PLANO 6		
1/400	Despiece de Vigas Forjado 1 - Pórticos 7, 8 y 9				HOJA 2 DE 10		
				SUSTITUYE A:			
				SUSTITUIDO POR:			

Pórtico 10



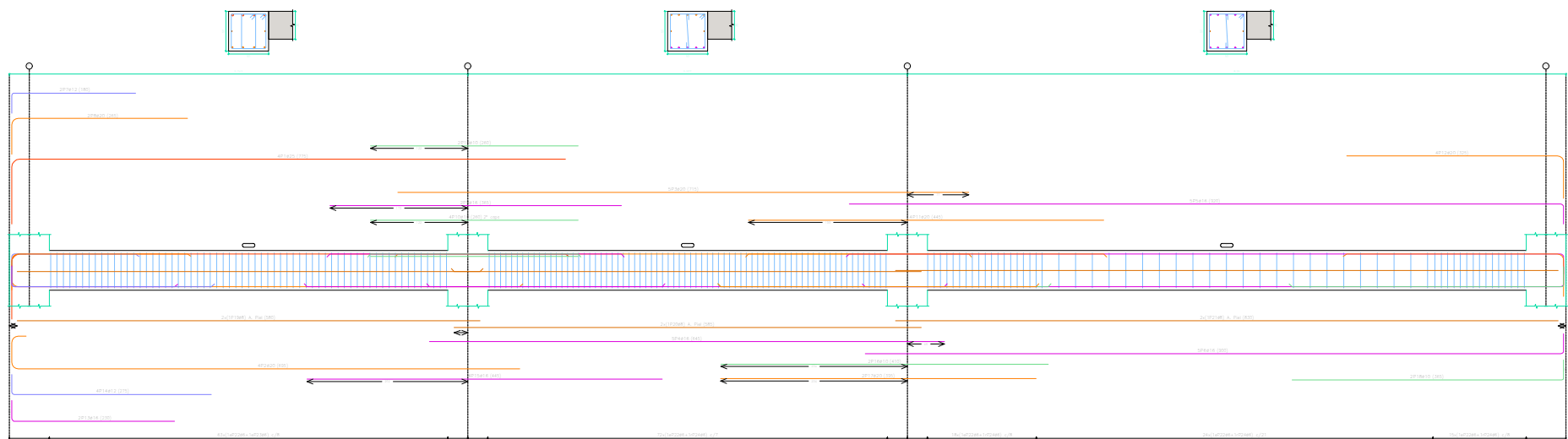
Resumen Acero Plano de pórticos	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	5094.6	1244	
Ø6	876.2	380	
Ø8	105.7	72	
Ø10	222.8	218	
Ø12	966.4	1678	
Ø16	1729.7	4692	
Ø20	123.6	524	8808

Forjado 1
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:20
Escala secciones 1:20
Escala huecos 1:20

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	
Pórtico 10	1	Ø20	1		795	2820	69.5	
	2	Ø20	1		795	2889	69.5	
	3	Ø20	1		715	3075	66.2	
	4	Ø16	1		845	3225	55.9	
	5	Ø16	1		825	3455	72.6	
	6	Ø16	1		895	3475	79.6	
	7	Ø20	1		795	3805	69.5	
	8	Ø16	1		325	1185	20.2	
	9	Ø20	1		455	615	25.0	
	10	Ø16	1		275	545	8.5	
	11	Ø20	1		305	815	15.9	
	12	Ø16	1		215	425	6.6	
	13	Ø10	1		185	365	2.2	
	14	Ø12	1		285	435	6.4	
	15	Ø12	1		345	495	8.5	
	16	Ø10	1		155	305	1.8	
	17	Ø8	1		585	1175	4.8	
	18	Ø8	1		585	1165	4.8	
	19	Ø8	1		535	1065	4.6	
	20	Ø8	1		185	275	61.5	
	21	Ø8	1		128	885	14.8	
	22	Ø8	1		55	5285	11.7	
						102.7		
						Ø6	28.8	
						Ø8	17.2	
					Ø10	6.6		
					Ø12	8.6		
					Ø16	252.2		
					Ø20	111.6		
					Total	702.7		

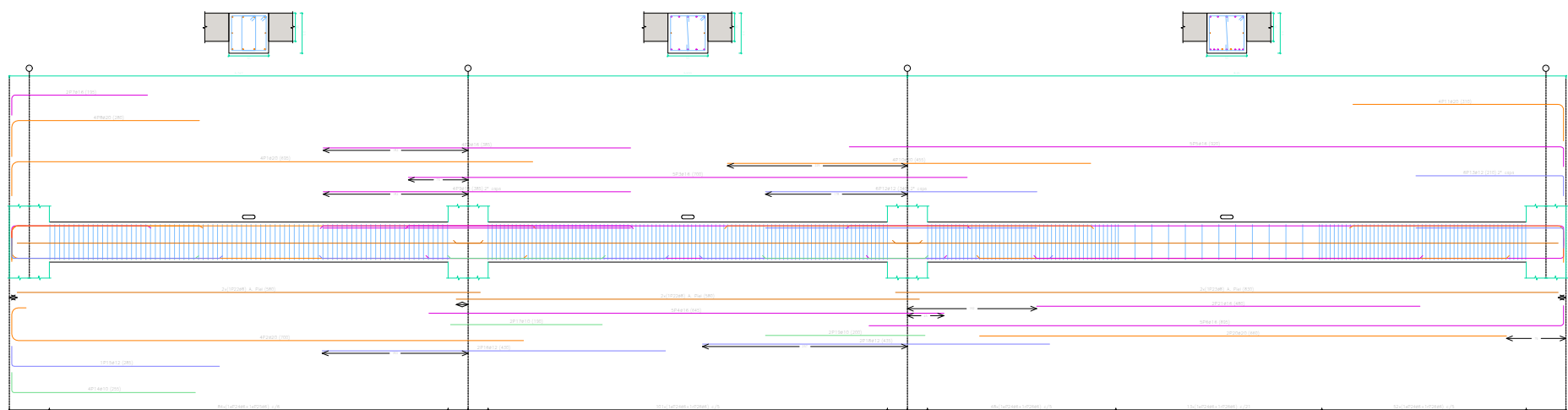
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES			
DIBUJADO		ROCÍO M.					
COMPROBADO		RUIZ					
		CASTILLO					
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			Nº PLANO	6		
1/400				HOJA 3 DE 10			
				SUSTITUYE A:			
	Despiece de Vigas Forjado 1 - Pórtico 10			SUSTITUIDO POR:			

Pórtico 5



Elemento	Pos.	Diám.	Nº.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Tota (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
Pórtico 5							
1	1	Ø20	4		775	2785	118.6
2	2	Ø20	4		855	2785	88.8
3	3	Ø20	4		715	3275	88.2
4	4	Ø18	4		845	3225	50.9
5	5	Ø18	4		925	3655	70.9
6	6	Ø18	4		905	3555	70.0
7	7	Ø12	4		100	285	3.0
8	8	Ø20	4		945	330	13.1
9	9	Ø18	4		945	735	11.5
10	10	Ø10	4		285	1585	3.6
11	11	Ø20	4		445	1785	43.0
12	12	Ø20	4		325	1305	32.1
13	13	Ø18	4		235	445	7.3
14	14	Ø12	4		225	1105	3.9
15	15	Ø18	4		445	1785	38.1
16	16	Ø10	4		475	825	3.1
17	17	Ø20	4		585	785	19.3
18	18	Ø18	4		585	735	8.5
19	19	Ø8	4		585	1185	6.6
20	20	Ø8	4		585	1175	4.8
21	21	Ø8	4		835	1485	8.8
22	22	Ø8	12		185	3512	79.3
23	23	Ø8	12		128	8564	17.0
24	24	Ø8	12		55	7855	15.7
Pórtico 6							
1	1	Ø20	4		855	2785	88.8
2	2	Ø20	4		755	2885	48.1
3	3	Ø18	4		755	3225	50.9
4	4	Ø18	4		945	3225	70.0
5	5	Ø18	4		925	3655	70.9
6	6	Ø18	4		885	4475	70.9
7	7	Ø18	4		735	330	6.2
8	8	Ø20	4		285	1125	27.6
9	9	Ø18	4		385	3685	48.8
10	10	Ø20	4		455	1835	44.0
11	11	Ø20	4		315	1245	30.9
12	12	Ø12	4		345	2545	78.1
13	13	Ø12	4		275	1385	17.0
14	14	Ø10	4		225	1585	6.3
15	15	Ø12	4		585	285	2.5
16	16	Ø12	4		435	885	7.6
17	17	Ø10	4		195	385	3.3
18	18	Ø12	4		435	875	7.7
19	19	Ø10	4		255	405	3.5
20	20	Ø20	4		445	1325	32.9
21	21	Ø18	4		485	985	15.2
22	22	Ø8	4		585	1325	7.0
23	23	Ø8	4		835	1485	8.8
24	24	Ø8	12		185	35428	123.0
25	25	Ø8	12		128	10752	23.0
26	26	Ø8	12		55	1175	26.1
Pórtico 7							
1	1	Ø8	12		185	3512	79.3
2	2	Ø8	12		128	8564	17.0
3	3	Ø8	12		55	7855	15.7
Pórtico 8							
1	1	Ø8	12		185	3512	79.3
2	2	Ø8	12		128	8564	17.0
3	3	Ø8	12		55	7855	15.7

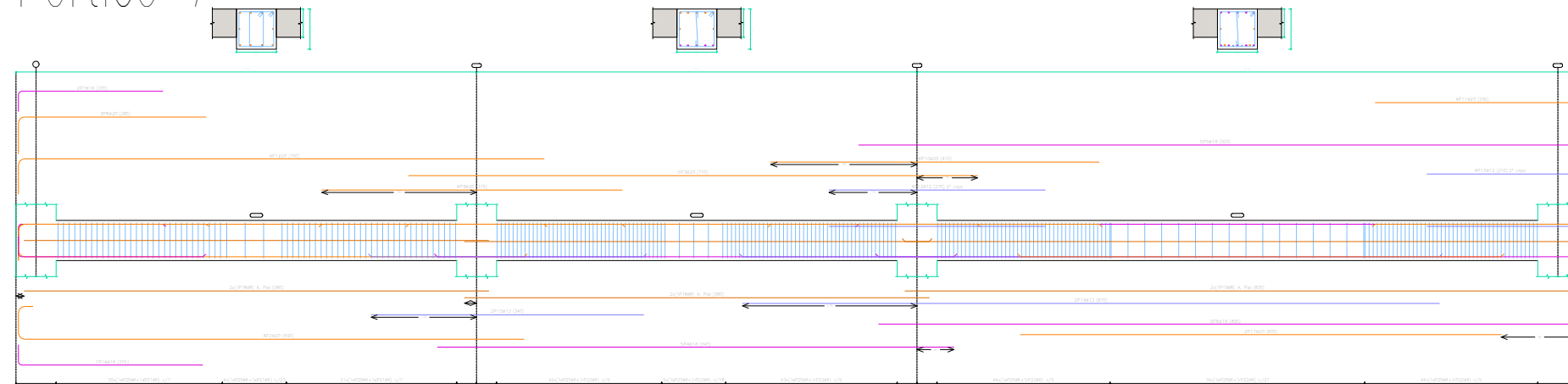
Pórtico 6



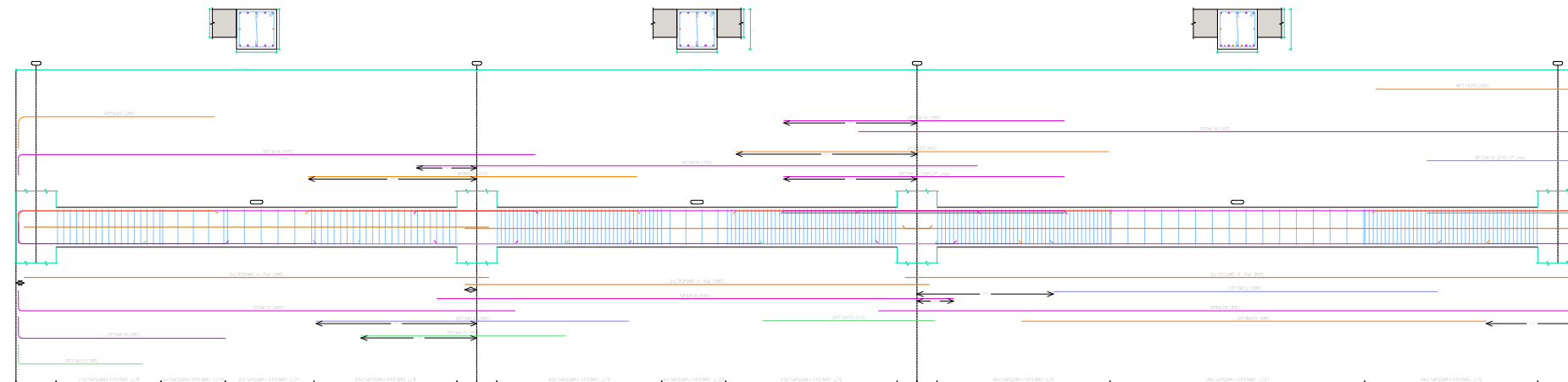
Forjado 2
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:20
Escala secciones 1:20
Escala huecos 1:20

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES			
DIBUJADO		ROCÍO M.					
COMPROBADO		RUIZ					
		CASTILLO					
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD				Nº PLANO 6		
1/400	Despiece de Vigas Forjado 2 - Pórticos 5 y 6				HOJA 4 DE 10		
				SUSTITUYE A:			
				SUSTITUIDO POR:			

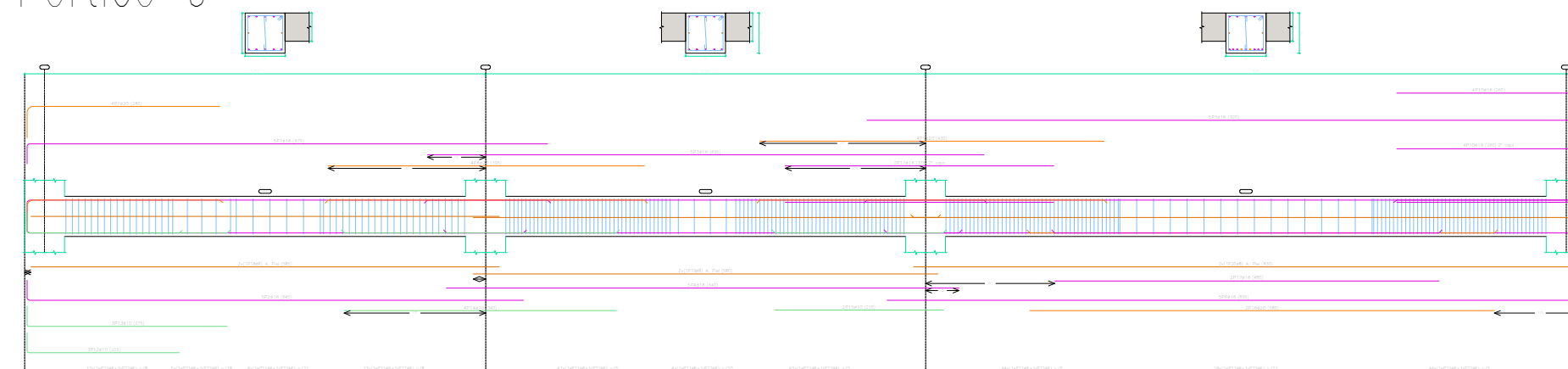
Pórtico 7



Pórtico 8



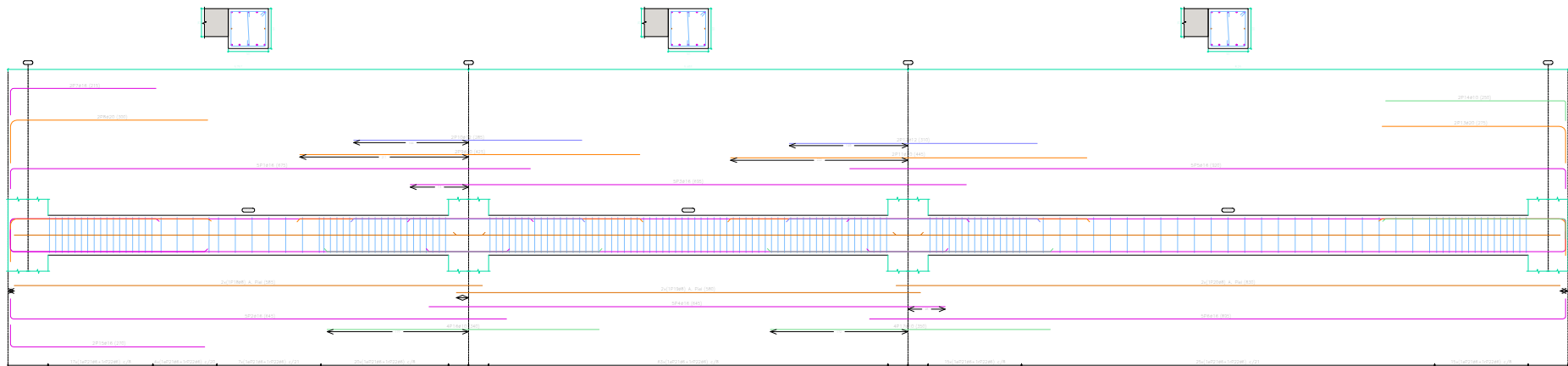
Pórtico 9



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S _y =1:15 (kg)	
Pórtico 7	1	Ø20	1		700	2800	85.1	
	2	Ø20	1		690	2760	84.1	
	3	Ø20	1		710	2840	86.1	
	4	Ø18	1		840	3320	50.0	
	5	Ø18	1		820	3280	49.0	
	6	Ø18	1		880	3475	70.8	
	7	Ø18	1		100	400	6.0	
	8	Ø20	1		280	1120	20.0	
	9	Ø20	1		370	1480	37.0	
	10	Ø20	1		470	1840	47.0	
	11	Ø20	1		590	2360	58.1	
	12	Ø12	1		210	840	5.0	
	13	Ø12	1		210	840	5.0	
	14	Ø18	1		250	1000	7.0	
	15	Ø12	1		340	1360	8.0	
	16	Ø12	1		610	2440	15.0	
	17	Ø20	1		800	3200	20.0	
	18	Ø8	1		500	2000	1.0	
	19	Ø8	1		100	400	0.5	
	20	Ø8	200	1		180	4817.4	176.9
	21	Ø8	80	1		120	1320	18.0
	22	Ø8	100	1		50	1000	21.7
	Pórtico 8	1	Ø18	1		670	2680	52.0
2		Ø18	1		840	3320	50.0	
3		Ø18	1		700	2800	50.0	
4		Ø18	1		840	3320	50.0	
5		Ø18	1		820	3280	49.0	
6		Ø18	1		880	3440	60.4	
7		Ø20	1		490	1960	22.0	
8		Ø18	1		590	2360	27.0	
9		Ø20	1		230	9180	28.1	
10		Ø12	1		210	830	5.8	
11		Ø10	1		180	780	2.2	
12		Ø18	21		280	1170	9.0	
13		Ø12	1		100	400	0.0	
14		Ø10	1		250	1000	5.1	
15		Ø10	1		310	1230	2.7	
16		Ø20	1		380	1540	28.6	
17		Ø12	1		480	1900	8.0	
18		Ø8	1		500	2000	9.0	
19		Ø8	1		570	2280	8.0	
20		Ø8	244	1		180	4538.4	100.7
21		Ø8	244	1		55	13420	29.8
Pórtico 9		1	Ø18	1		670	2680	52.0
		2	Ø18	1		840	3320	50.0
	3	Ø18	1		890	3475	54.0	
	4	Ø18	1		840	3320	50.0	
	5	Ø18	1		820	3280	49.0	
	6	Ø18	1		880	3475	70.8	
	7	Ø20	1		280	1120	27.0	
	8	Ø20	1		370	1480	39.0	
	9	Ø20	1		470	1840	40.0	
	10	Ø18	1		590	2360	52.0	
	11	Ø18	1		590	2360	50.0	
	12	Ø10	1		210	840	6.0	
	13	Ø10	1		270	1080	5.1	
	14	Ø12	1		340	1360	8.0	
	15	Ø12	1		610	2420	2.8	
	16	Ø20	1		580	23180	28.8	
	17	Ø18	1		680	2700	10.0	
	18	Ø8	1		580	23120	6.0	
	19	Ø8	1		580	23180	6.0	
	20	Ø8	1		830	3360	6.0	
	21	Ø8	244	1		180	4538.4	100.7
	22	Ø8	244	1		55	13420	29.8
	B 500 S _y =1:15							198.9
Ø8							621.1	
Ø8							30.9	
Ø10							45.5	
Ø18							1706.1	
Ø20							735.1	
Ø100							24658.8	

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES Nº PLANO 6 HOJA 5 DE 10
DIBUJADO		ROCÍO M.		
COMPROBADO		RUIZ		
ESCALA:		CASTILLO		
1/400	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			
	Despiece de Vigas Forjado 2 - Pórticos 7, 8, y 9			
	SUSTITUYE A:			
	SUSTITUIDO POR:			

Pórtico 10



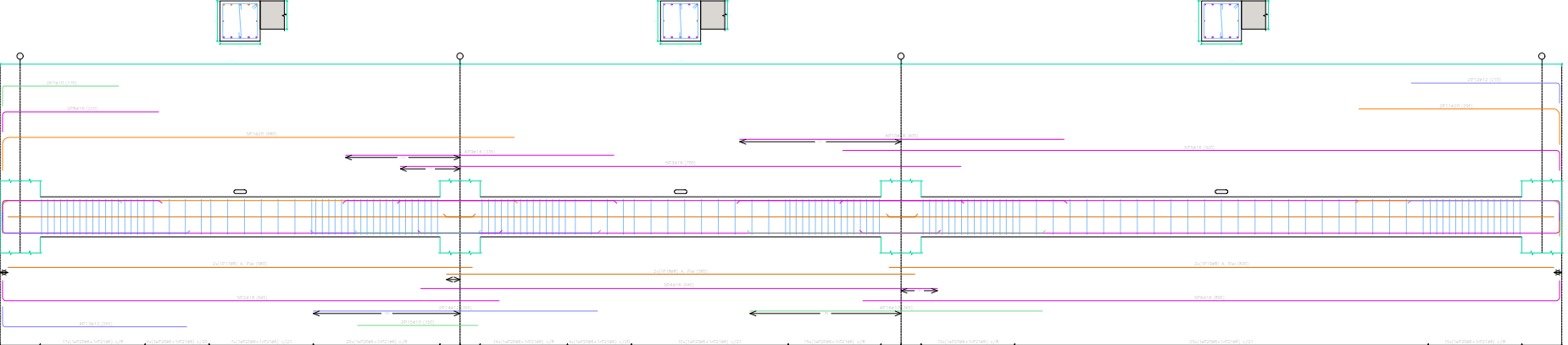
Elemento	Pos. (m)	Long. (m)	Esquema (cm)	Long. (m)	Pos. (m)	Peso (kg)
Barras	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
	1.00	1.00	[Diagram]	1.00	1.00	1.00
Total						100.00

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	5094.6	1244	
Ø6	876.2	380	
Ø8	105.7	72	
Ø10	222.8	218	
Ø12	966.4	1678	
Ø16	1729.7	4692	
Ø20	123.6	524	8808

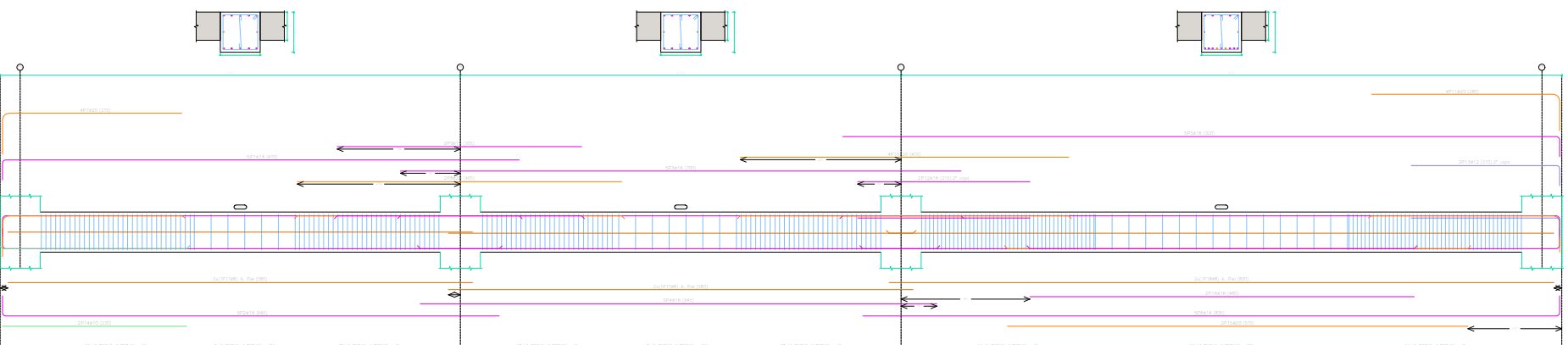
Forjado 1
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:20
Escala secciones 1:20
Escala huecos 1:20

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		ROCÍO M.		
COMPROBADO		RUIZ		
		CASTILLO		
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			Nº PLANO 6
1/400	Despiece de Vigas Forjado 2 - Pórtico 10			HOJA 6 DE 10
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

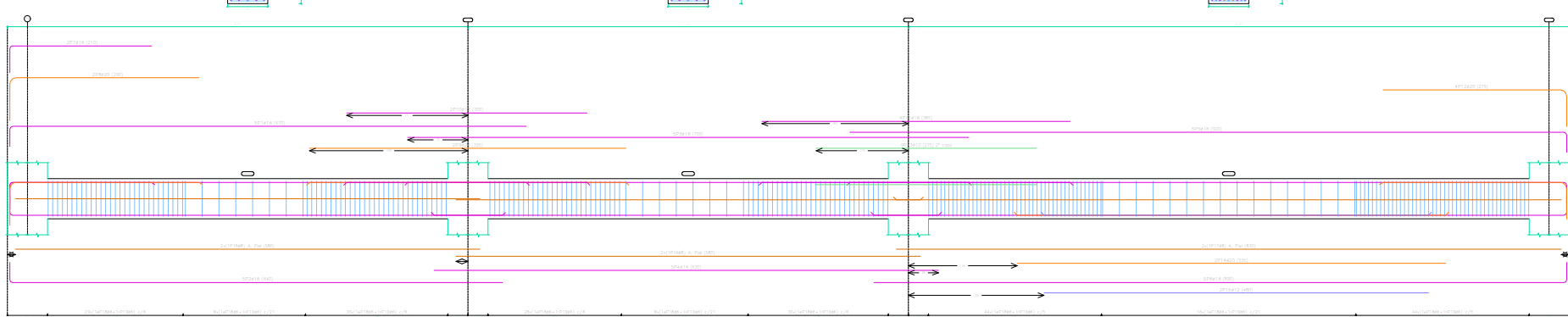
Pórtico 5



Pórtico 6

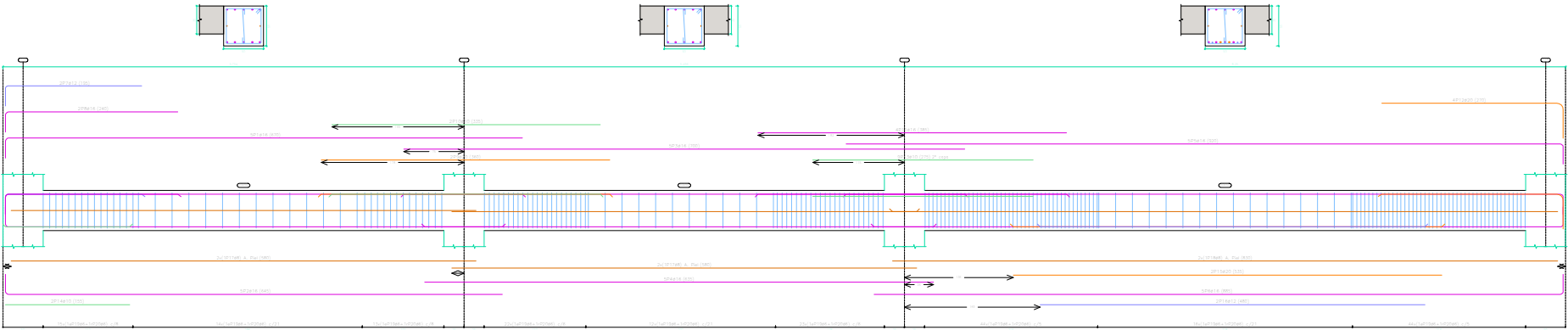


Pórtico 7

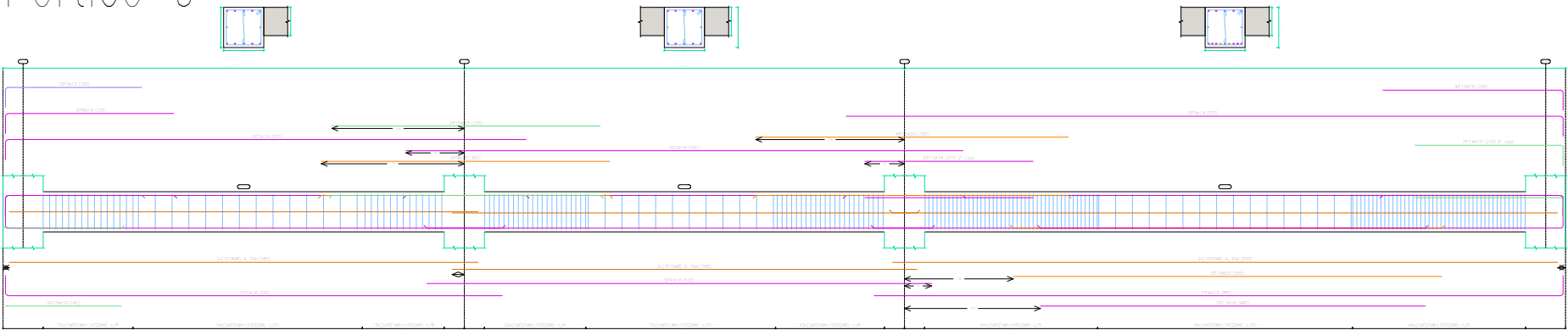


Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Volumen (cm³)	Peso (kg)
Pórtico 5							
1	420	5	1		440	1400	83,4
2	418	5	1		440	1400	83,4
3	418	5	1		700	2450	55,2
4	418	5	1		440	1400	83,4
5	418	5	1		440	1400	83,4
6	418	5	1		440	1400	83,4
7	410	5	1		170	540	2,7
8	418	5	1		220	740	4,9
9	418	5	1		330	1040	7,1
10	418	4	1		440	1440	25,4
11	420	5	1		200	660	14,6
12	412	5	1		410	1340	5,7
13	412	5	1		700	2200	5,1
14	412	5	1		300	930	4,1
15	410	5	1		100	300	1,4
16	410	4	1		340	1040	3,0
17	405	5	1		580	1780	4,9
18	408	5	1		580	1770	4,9
19	408	5	1		830	2440	6,9
20	406	140	1		180	27150	40,3
21	406	140	1		50	8030	17,4
Pórtico 6							420,9
1	416	5	1		670	3300	52,9
2	418	5	1		440	1400	50,9
3	418	5	1		700	3500	50,9
4	418	5	1		440	1400	50,9
5	418	5	1		920	4600	72,4
6	418	5	1		440	1400	70,4
7	420	5	1		230	1100	27,1
8	420	5	1		400	810	20,9
9	418	5	1		300	610	3,9
10	420	5	1		410	1640	40,4
11	420	4	1		240	1120	27,4
12	418	5	1		210	610	4,9
13	412	5	1		270	420	5,7
14	410	5	1		230	440	5,4
15	420	5	1		970	1750	39,4
16	418	5	1		440	940	19,4
17	408	4	1		480	2300	9,2
18	408	5	1		830	1980	4,9
19	406	130	1		180	44050	64,7
20	406	130	1		50	11440	20,2
Pórtico 7							744,2
1	416	5	1		670	3300	52,9
2	418	5	1		440	1400	50,9
3	418	5	1		700	3500	50,9
4	418	5	1		440	1400	43,7
5	418	5	1		630	3150	72,4
6	418	5	1		440	1400	70,2
7	418	5	1		270	420	6,4
8	420	5	1		230	540	14,2
9	420	5	1		700	700	19,5
10	418	5	1		300	660	4,5
11	418	4	1		340	1340	24,3
12	420	4	1		270	1700	27,3
13	410	5	1		270	2470	15,3
14	420	5	1		530	1070	24,4
15	412	5	1		440	940	4,9
16	408	4	1		540	2320	9,2
17	408	5	1		830	1960	4,4
18	406	130	1		180	44080	67,4
19	406	130	1		50	11030	20,4
Pórtico 8							200,4
						440	340,9
						440	52,1
						470	34,1
						470	34,5
						470	1243,1
						470	342,5
						470	2091,7

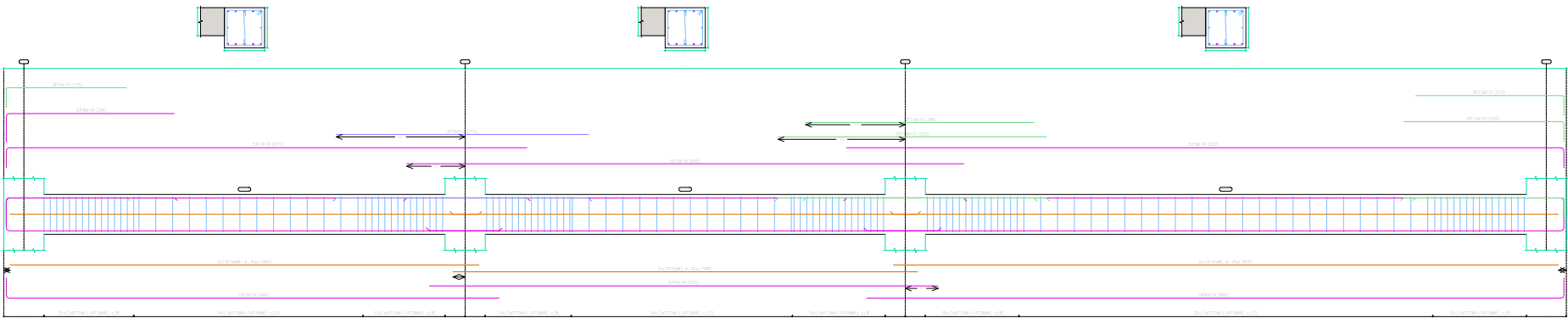
Pórtico 8



Pórtico 9



Pórtico 10



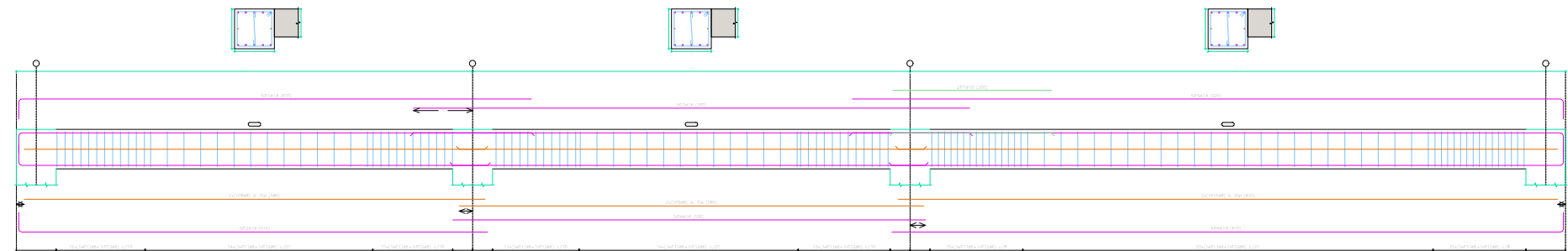
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long (cm)	Total S. 500 S. Ys=1.15 (kg)
Pórtico 8						
1	#16	16	1	250	970	399.0
2	#16	16	1	250	940	382.0
3	#16	16	1	250	760	305.0
4	#16	16	1	250	830	333.0
5	#16	16	1	250	520	208.0
6	#16	16	1	250	880	352.0
7	#16	16	1	250	1100	440.0
8	#16	16	1	250	1400	560.0
9	#20	20	1	250	560	224.0
10	#16	16	1	250	120	48.0
11	#16	16	1	250	360	144.0
12	#16	16	1	250	360	144.0
13	#16	16	1	250	270	108.0
14	#16	16	1	250	270	108.0
15	#16	16	1	250	150	60.0
16	#16	16	1	250	530	212.0
17	#16	16	1	250	480	192.0
18	#16	16	1	250	480	192.0
19	#16	16	1	250	580	232.0
20	#16	16	1	250	830	332.0
21	#6	6	253	12	184	375.8
22	#6	6	253	12	55	111.6
Pórtico 9						
1	#16	16	1	250	970	399.0
2	#16	16	1	250	940	382.0
3	#16	16	1	250	760	305.0
4	#16	16	1	250	830	333.0
5	#16	16	1	250	520	208.0
6	#16	16	1	250	880	352.0
7	#16	16	1	250	1100	440.0
8	#16	16	1	250	1400	560.0
9	#20	20	1	250	560	224.0
10	#16	16	1	250	120	48.0
11	#16	16	1	250	360	144.0
12	#16	16	1	250	360	144.0
13	#16	16	1	250	270	108.0
14	#16	16	1	250	270	108.0
15	#16	16	1	250	150	60.0
16	#16	16	1	250	530	212.0
17	#16	16	1	250	480	192.0
18	#16	16	1	250	480	192.0
19	#16	16	1	250	580	232.0
20	#16	16	1	250	830	332.0
21	#6	6	253	12	184	375.8
22	#6	6	253	12	55	111.6
Pórtico 10						
1	#16	16	1	250	970	399.0
2	#16	16	1	250	940	382.0
3	#16	16	1	250	760	305.0
4	#16	16	1	250	830	333.0
5	#16	16	1	250	520	208.0
6	#16	16	1	250	880	352.0
7	#16	16	1	250	1100	440.0
8	#16	16	1	250	1400	560.0
9	#20	20	1	250	560	224.0
10	#16	16	1	250	120	48.0
11	#16	16	1	250	360	144.0
12	#16	16	1	250	360	144.0
13	#16	16	1	250	270	108.0
14	#16	16	1	250	270	108.0
15	#16	16	1	250	150	60.0
16	#16	16	1	250	530	212.0
17	#16	16	1	250	480	192.0
18	#16	16	1	250	480	192.0
19	#16	16	1	250	580	232.0
20	#16	16	1	250	830	332.0
21	#6	6	253	12	184	375.8
22	#6	6	253	12	55	111.6
Total 100%						
					#6	331.8
					#16	52.0
					#20	224.0
					#25	188.0

Resumen Acero Plano de pórticos	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	5094.6	1244	
Ø6	876.2	380	
Ø8	105.7	72	
Ø12	222.8	218	
Ø16	966.4	1678	
Ø20	1729.7	4692	
Ø25	123.6	524	8808

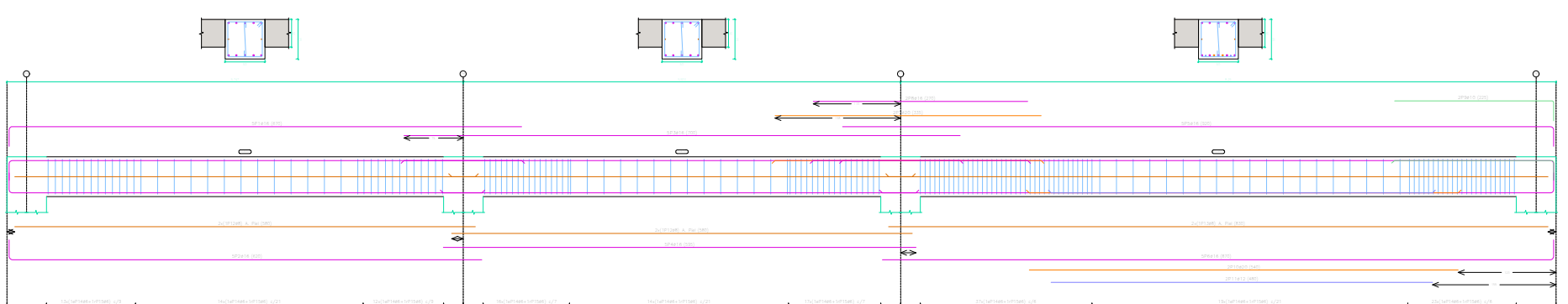
Forjado 3
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:20
Escala secciones 1:20
Escala huecos 1:20

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES			
DIBUJADO		ROCÍO M.					
COMPROBADO		RUIZ					
		CASTILLO					
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD				Nº PLANO 6		
1/400	Despiece de Vigas Forjado 3 - Pórticos 8, 9 y 10				HOJA 8 DE 10		
				SUSTITUYE A:			
				SUSTITUIDO POR:			

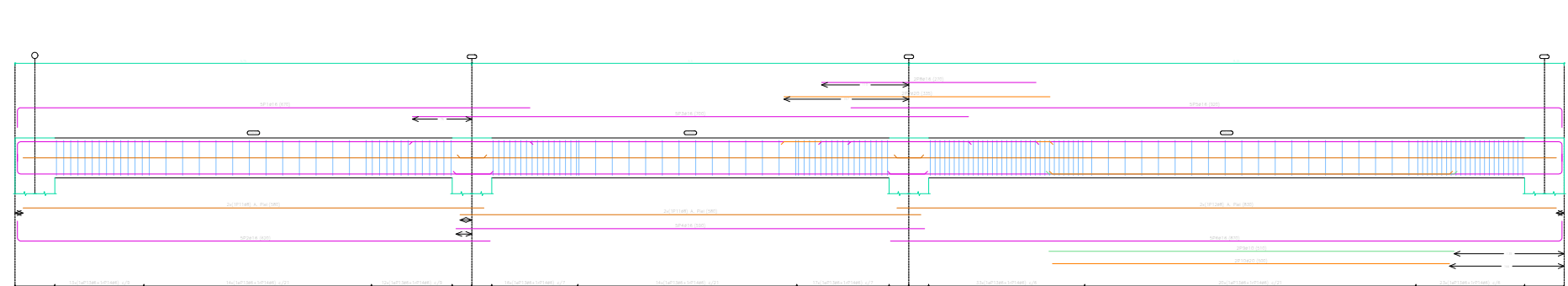
Pórtico 5



Pórtico 6



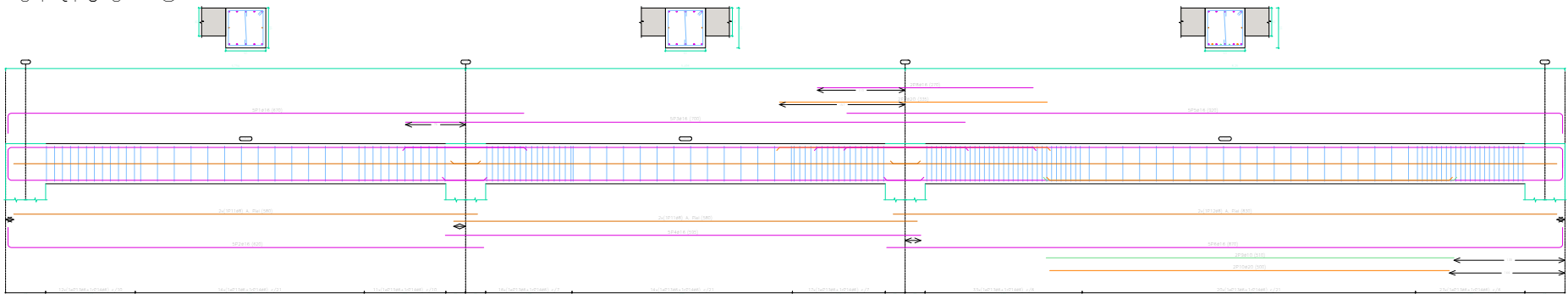
Pórtico 7



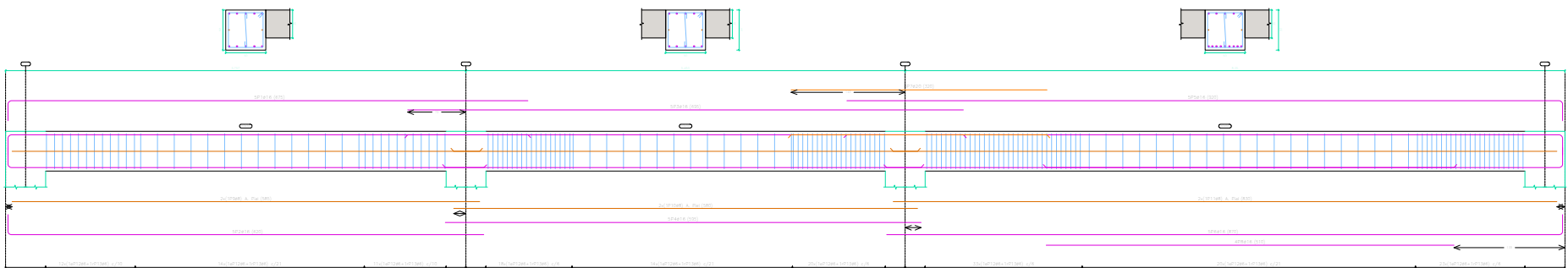
Elemento	Pos.	Dim. No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S. Yew.1.15 (kg)	
Pórtico 3	1	416	1	435	470	1350	52.9
	2	416	1	435	415	3715	48.5
	3	416	1	435	700	3200	55.2
	4	416	1	435	585	2375	47.8
	5	416	1	435	585	2375	47.8
	6	416	1	435	470	1350	48.7
	7	416	1	435	270	140	8.5
	8	416	1	435	270	140	8.5
	9	416	1	435	585	1775	4.8
	10	416	1	435	830	1840	6.8
	11	416	102		188	1384	53.2
	12	416	102		55	795	15.7
	Totales 10.5						
	472.9						
	Pórtico 4	1	416	1	435	470	1350
2		416	1	435	415	3715	48.5
3		416	1	435	700	3200	55.2
4		416	1	435	585	2375	47.8
5		416	1	435	585	2375	47.8
6		416	1	435	470	1350	48.7
7		416	1	435	270	140	8.5
8		416	1	435	270	140	8.5
9		416	1	435	585	1775	4.8
10		416	1	435	830	1840	6.8
11		416	102		188	1384	53.2
12		416	102		55	795	15.7
Totales 10.5							
472.9							
Pórtico 5		1	416	1	435	470	1350
	2	416	1	435	415	3715	48.5
	3	416	1	435	700	3200	55.2
	4	416	1	435	585	2375	47.8
	5	416	1	435	585	2375	47.8
	6	416	1	435	470	1350	48.7
	7	416	1	435	270	140	8.5
	8	416	1	435	270	140	8.5
	9	416	1	435	585	1775	4.8
	10	416	1	435	830	1840	6.8
	11	416	102		188	1384	53.2
	12	416	102		55	795	15.7
	Totales 10.5						
	472.9						
	Pórtico 6	1	416	1	435	470	1350
2		416	1	435	415	3715	48.5
3		416	1	435	700	3200	55.2
4		416	1	435	585	2375	47.8
5		416	1	435	585	2375	47.8
6		416	1	435	470	1350	48.7
7		416	1	435	270	140	8.5
8		416	1	435	270	140	8.5
9		416	1	435	585	1775	4.8
10		416	1	435	830	1840	6.8
11		416	102		188	1384	53.2
12		416	102		55	795	15.7
Totales 10.5							
472.9							

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES			
DIBUJADO		ROCÍO M.					
COMPROBADO		RUIZ					
		CASTILLO		Nº PLANO 6			
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD				HOJA 9 DE 10		
1/400					SUSTITUYE A:		
	Despiece de Vigas Forjado 4 - Pórticos 5, 6 y 7				SUSTITUIDO POR:		

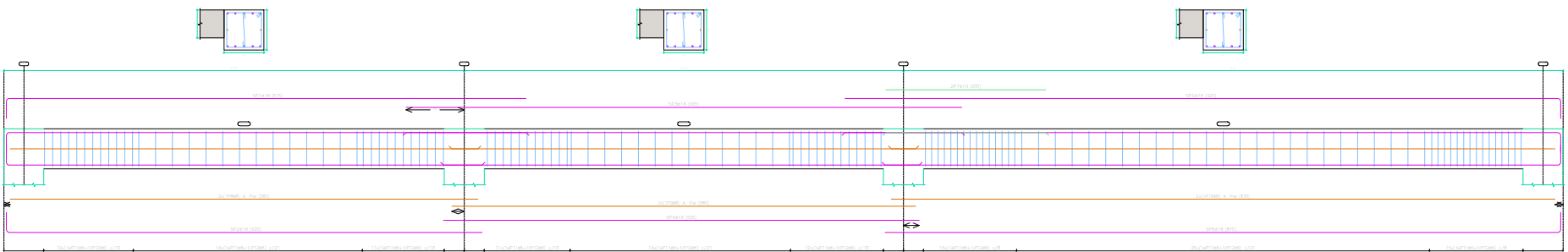
Pórtico 8



Pórtico 9



Pórtico 10



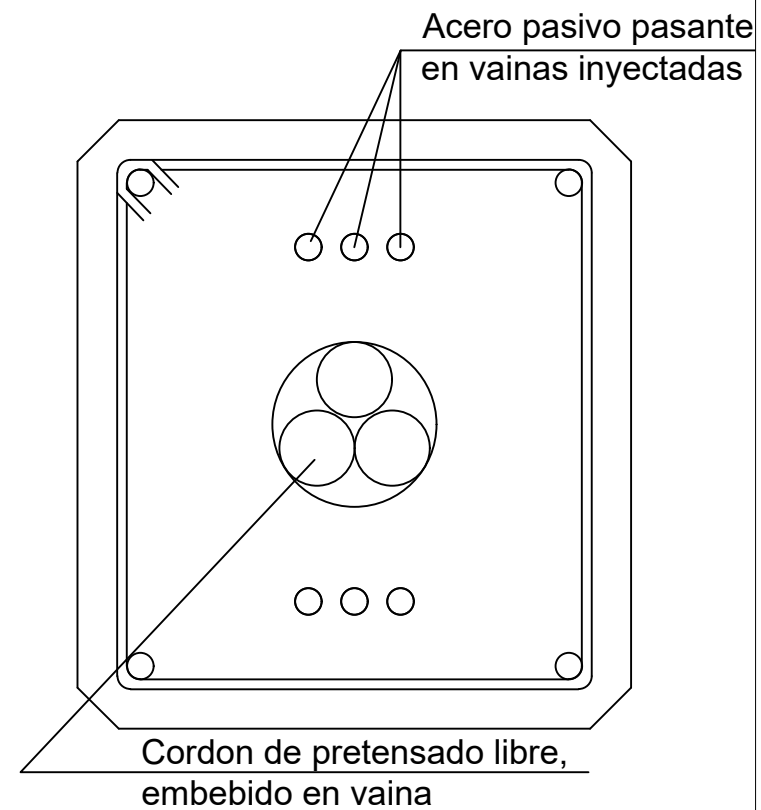
Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Long. total B 500 S, Ys=1.15 (kg)		
Pórtico 8	1	ø16	1		870	1205	32.3	
	2	ø16	1		820	1100	48.3	
	3	ø16	1		780	1030	55.2	
	4	ø16	1		580	2970	47.0	
	5	ø16	1		320	4800	72.8	
	6	ø16	1		870	4350	68.7	
	7	ø20	1		330	670	16.5	
	8	ø16	1		270	540	8.3	
	9	ø10	1		510	1020	6.3	
	10	ø8	1		500	1000	24.7	
	11	ø8	1		500	2250	5.2	
	12	ø8	1		830	1660	8.8	
	13	ø8	140		180	23760	66.0	
	14	ø8	140		50	8800	19.5	
					ø10	1100	166.8	
Pórtico 9	1	ø16	1		870	1210	33.3	
	2	ø16	1		820	1100	48.3	
	3	ø16	1		800	1070	54.8	
	4	ø16	1		580	2970	47.0	
	5	ø16	1		320	4800	72.8	
	6	ø16	1		870	4350	68.7	
	7	ø20	1		330	1280	31.9	
	8	ø16	1		570	2540	32.4	
	9	ø8	1		580	1170	1.4	
	10	ø8	1		580	1160	4.8	
	11	ø8	1		830	1660	8.8	
	12	ø8	140		180	20600	68.1	
	13	ø8	140		50	9070	20.1	
						ø10	1100	166.8
Pórtico 10	1	ø16	1		870	1210	33.3	
	2	ø16	1		820	1100	48.3	
	3	ø16	1		800	1070	54.8	
	4	ø16	1		580	2970	47.0	
	5	ø16	1		320	4800	72.8	
	6	ø16	1		870	4350	68.7	
	7	ø20	1		330	670	16.5	
	8	ø16	1		570	1080	11.9	8.8
	9	ø8	1		580	1160	4.8	
	10	ø8	1		830	1660	8.8	
	11	ø8	140		180	13204	51.2	
	12	ø8	140		50	7040	16.7	
						ø10	1100	166.8
						ø8	1170	172.8
					ø10	1100	166.8	
					ø16	1070	161.4	
					ø20	1280	194.2	

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	4045.7	988
	ø8	551.1	239
	ø10	32.9	22
	ø12	36.8	36
	ø16	1348.6	2341
	ø20	1114.3	3023
			6649

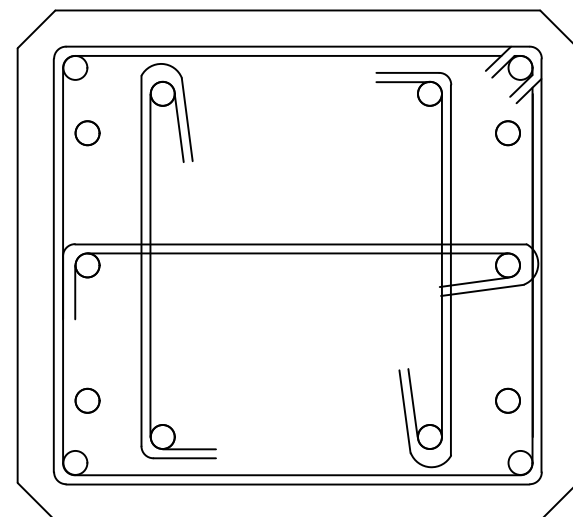
Forjado 4
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:20
Escala secciones 1:20
Escala huecos 1:20

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES			
DIBUJADO		ROCÍO M.					
COMPROBADO		RUIZ					
		CASTILLO					
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD				Nº PLANO 6		
1/400					HOJA 10 DE 10		
Despiece de Vigas Forjado 4 - Pórticos 8, 9 y 10				SUSTITUYE A:			
				SUSTITUIDO POR:			

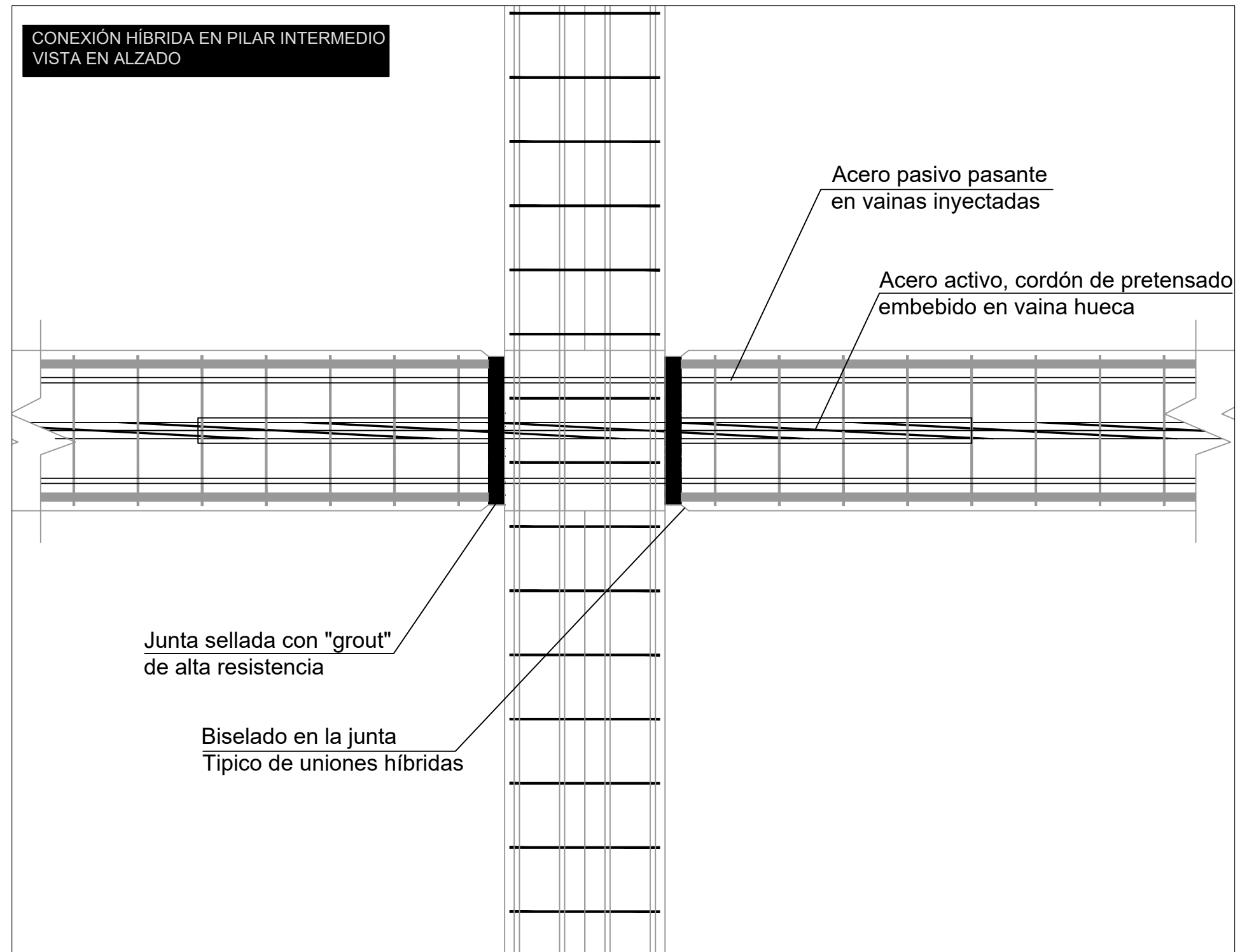
SECCIÓN DE VIGA



SECCIÓN DE PILAR



CONEXIÓN HÍBRIDA EN PILAR INTERMEDIO VISTA EN ALZADO



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		ROCÍO M.		
COMPROBADO		RUIZ		
		CASTILLO		
ESCALA:	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA DE UN CENTRO DOCENTE UTILIZANDO CONEXIONES HÍBRIDAS PILAR-VIGA DE ALTA DUCTILIDAD			Nº PLANO 7
S/E	Detalle de conexión híbrida			HOJA 1 DE 1
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

ANEXO II ESTUDIO ECONÓMICO

A continuación, se adjunta la justificación económica de los sistemas comparados en el punto 8 del presente documento.

1. Método constructivo tradicional
 - a. Resumen
 - b. Medición y presupuestos
 - c. Cuadro de precios descompuestos.
2. Método constructivo prefabricado
 - a. Resumen
 - b. Medición y presupuestos
 - c. Cuadro de precios descompuestos.

PLANIFICACIÓN ECONÓMICA DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

RESUMEN

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Método Tradicional

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP. 01	TRABAJOS PRELIMINARES.....	487,50	0,11
CAP. 02	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	5.101,80	1,20
CAP. 03	CIMENTACIÓN.....	120.243,75	28,24
CAP. 04	ESTRUCTURA.....	299.968,07	70,45
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		425.801,12	
28,56% Gastos generales.....		121.596,03	
SUMA DE G.G. (Plazo de ejecución x 22.800 €/mes)		121.596,03	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		547.397,15	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		547.397,15	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de QUINIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS con QUINCE CÉNTIMOS

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Método Tradicional

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 TRABAJOS PRELIMINARES									
01.01	m2 Despeje y desbroce del terreno								
	Superficie	1	750,00			750,00			
							750,00	0,65	487,50
TOTAL CAPÍTULO 01 TRABAJOS PRELIMINARES									487,50

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Método Tradicional

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 MOVIMIENTO DE TIERRAS									
02.01	m3 EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. MEDIA Excavación, en vaciado, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medido el volumen en perfil natural.								
	Losa de cimentación	1	825,00			825,00			
							825,00	1,00	825,00
02.02	m3 TRANSPORTE TIERRAS, ENTRE 5 Y 10 km CARGA M. MECÁNICOS Transporte de tierras realizado en camión basculante a una distancia comprendida entre 5 y 10 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido en perfil esponjado.								
	Ex cavación losa de cimentación, esponjamiento del 20%	1,2	825,00			990,00			
							990,00	4,32	4.276,80
TOTAL CAPÍTULO 02 MOVIMIENTO DE TIERRAS									5.101,80

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Método Tradicional

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN									
03.01	m3 RELLENO DE GRAVA GRUESA LIMPIA EN LOSAS Relleno de grava gruesa limpia en losas, incluso compactado de base y extendido con medios manuales. Medido el volumen teórico ejecutado.								
	Subbase de cimentación, e=10 cm	1	75,00			75,00			
							75,00	28,05	2.103,75
03.02	m2 CAPA DE HORMIGÓN DE LIMPIEZA 10 cm ESP. MEDIO Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/I, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada.								
	Base losa de cimentación, e=10 cm	1	750,00			750,00			
							750,00	8,62	6.465,00
03.03	m3 HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa EN LOSAS DE CIMENT. Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, en losas de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de limpieza de fondos, vibrado y curado; según instrucción EHE y CTE. Medido el volumen teórico ejecutado.								
	Losa de cimentación, e=1,00 m	1	750,00			750,00			
							750,00	70,90	53.175,00
03.04	kg ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B500S EN CIMENT. Acero en barras corrugadas B 500 S en elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y p.p. de atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra; según instrucción EHE. Medido en peso nominal.								
	Según listados, con una cuantía de 60 kg/m3	1	45.000,00			45.000,00			
							45.000,00	1,30	58.500,00
TOTAL CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN.....									120.243,75

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA									
04.01	kg ACERO EN BARRAS CORRUGADAS TIPO B500S Acero en barras corrugadas tipo B 500 S para elementos estructurales varios, incluso corte, labrado, colocación y p.p. de atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra; según instrucción EHE. Medido en peso nominal. Armado pilares, según listados	1	17.570,00			17.570,00			
							17.570,00	1,30	22.841,00
04.02	m2 ENCOFRADO METÁLICO EN PILARES PARA REVESTIR Encofrado metálico en pilares para revestir, incluso limpieza, aplicación del desencofrante y p.p. de elementos complementarios para su estabilidad y adecuada ejecución; construido según EHE. Medida la superficie de encofrado útil. Según listados CypeCad	1	609,60			609,60			
							609,60	7,79	4.748,78
04.03	m3 HORMIGÓN PARA ARMAR HA-25/P/20/IIa EN PILARES Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, en pilares, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de limpieza de fondos, vibrado y curado; construido según EHE y NCSR-02. Medido el volumen teórico ejecutado. Según listados de CypeCAD	1	109,80			109,80			
							109,80	73,71	8.093,36
04.04	m2 FORJ. RETICULAR CON BLOQUES PERM. HORMIGÓN SOP. HOR. (HA-25) Forjado reticular de hormigón armado HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, con acero B 500 S, canto de 30+5 cm, aligeramiento con bloques permanentes de hormigón, mallazo electrosoldado B 500 T, capa de compresión de 5 cm, macizado de capiteles, nervio perimetral, refuerzo de huecos y anclajes de soportes de hormigón armado, incluso p.p. de encofrado, apeos, desencofrado, vibrado y curado; construido según EHE y NCSR-02. Medida la superficie de fuera a fuera deduciendo huecos mayores de 1 m2. Forjado 1 a 4, e=30+5 cm	4	573,00			2.292,00			
							2.292,00	57,52	131.835,84
04.05	m2 FORJADO UNIDIRECCIONAL APEADO Forjado bidireccional apeado con puntales metálicos, durmientes y sopandas incluso retirada de apeos. Medida la superficie a luces libres. 1	1	2.292,00			2.292,00			
							2.292,00	6,10	13.981,20
04.06	m3 HORM. ARM. HA-25/P/20/IIa EN VIGAS DESCUELQUE I/ENC. MAD. VISTO Hormigón armado HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, en vigas de descuelgue, para quedar visto, suministrado y puesta en obra, armadura de acero B 500 S con una cuantía de 95 kg/m3, incluso p.p. de encofrado de madera, desencofrado, limpieza de fondos, ferrallado, separadores, vibrado y curado; construido según EHE y NCSR-02. Medido el volumen teórico ejecutado. Volumen según listados	1	240,13			240,13			
							240,13	481,62	115.651,41
04.07	m PROTECCIÓN PERIMETRO FORJ. RED PARAMENTADA EN CANTO FORJADO Protección de perímetro de forjado con red de seguridad de poliamida (HT) de 4 mm y luz de malla 10x10 cm, vertical paramentada fijada a canto de forjado, hasta 4 m de altura, incluso p.p. de anclajes de red y cuerdas de sujeción, desmontaje y mantenimiento, según R.D. 1627/97. Medida la longitud de red colocada por el perímetro del forjado. Una red por cada dos forjados.	2	116,00			232,00			
							232,00	12,14	2.816,48
TOTAL CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA.....									299.968,07
TOTAL.....									425.801,12

PRECIOS DESCOMPUESTOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Método Tradicional

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO 01 TRABAJOS PRELIMINARES

01.01	m2	Despeje y desbroce del terreno			
-------	----	--------------------------------	--	--	--

Sin descomposición

TOTAL PARTIDA.....	0,65
--------------------	------

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Método Tradicional

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 02 MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.01	m3	EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. MEDIA Ex cavación, en vaciado, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medido el volumen en perfil natural.			
TP00100	0,016 h	PEÓN ESPECIAL	18,90	0,30	
ME00400	0,020 h	RETROEXCAVADORA	34,98	0,70	
TOTAL PARTIDA.....					1,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS

02.02	m3	TRANSPORTE TIERRAS, ENTRE 5 Y 10 km CARGA M. MECÁNICOS Transporte de tierras realizado en camión basculante a una distancia comprendida entre 5 y 10 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido en perfil esponjado.			
ME00300	0,020 h	PALA CARGADORA	23,87	0,48	
MK00100	0,150 h	CAMIÓN BASCULANTE	25,60	3,84	
TOTAL PARTIDA.....					4,32

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con TREINTA Y DOS CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Método Tradicional

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN						
03.01	m3		RELLENO DE GRAVA GRUESA LIMPIA EN LOSAS			
			Relleno de grava gruesa limpia en losas, incluso compactado de base y extendido con medios manuales. Medido el volumen teórico ejecutado.			
TP00100	0,800	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	15,12	
AG00100	1,100	m3	GRAVA	10,86	11,95	
GW00100	0,150	m3	AGUA POTABLE	0,55	0,08	
MR00200	0,300	h	PISÓN MECÁNICO MANUAL	3,01	0,90	
TOTAL PARTIDA.....						28,05

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con CINCO CÉNTIMOS

03.02	m2		CAPA DE HORMIGÓN DE LIMPIEZA 10 cm ESP. MEDIO			
			Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/I, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada.			
TO02200	0,050	h	OFICIAL 2ª	19,35	0,97	
TP00100	0,075	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	1,42	
CH04020	0,110	m3	HORMIGÓN HM-20/P/20/I, SUMINISTRADO	56,63	6,23	
TOTAL PARTIDA.....						8,62

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

03.03	m3		HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa EN LOSAS DE CIMENT.			
			Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, en losas de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de limpieza de fondos, vibrado y curado; según instrucción EHE y CTE. Medido el volumen teórico ejecutado.			
TO02200	0,050	h	OFICIAL 2ª	19,35	0,97	
TP00100	0,400	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	7,56	
CH02920	1,030	m3	HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa, SUMINISTRADO	60,26	62,07	
MV00100	0,200	h	VIBRADOR	1,51	0,30	
TOTAL PARTIDA.....						70,90

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS

03.04	kg		ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B500S EN CIMENT.			
			Acero en barras corrugadas B 500 S en elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y p.p. de atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra; según instrucción EHE. Medido en peso nominal.			
TO00600	0,020	h	OF. 1ª FERRALLISTA	19,85	0,40	
CA00320	1,080	kg	ACERO B 500 S	0,81	0,87	
CA01700	0,005	kg	ALAMBRE DE ATAR	1,23	0,01	
WW00400	0,050	u	PEQUEÑO MATERIAL	0,30	0,02	
TOTAL PARTIDA.....						1,30

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con TREINTA CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Método Tradicional

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	----------	----	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA

04.01	kg	ACERO EN BARRAS CORRUGADAS TIPO B500S				
		Acero en barras corrugadas tipo B 500 S para elementos estructurales varios, incluso corte, labrado, colocación y p.p. de atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra; según instrucción EHE. Medido en peso nominal.				
TO00600	0,020	h	OF. 1ª FERRALLISTA	19,85	0,40	
CA00320	1,080	kg	ACERO B 500 S	0,81	0,87	
CA01700	0,005	kg	ALAMBRE DE ATAR	1,23	0,01	
WW00400	0,050	u	PEQUEÑO MATERIAL	0,30	0,02	
TOTAL PARTIDA.....						1,30

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con TREINTA CÉNTIMOS

04.02	m2	ENCOFRADO METÁLICO EN PILARES PARA REVESTIR				
		Encofrado metálico en pilares para revestir, incluso limpieza, aplicación del desencofrante y p.p. de elementos complementarios para su estabilidad y adecuada ejecución; construido según EHE. Medida la superficie de encofrado útil.				
TO00400	0,200	h	OF. 1ª ENCOFRADOR	19,85	3,97	
TP00100	0,100	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	1,89	
CM00600	0,100	u	PANEL METÁLICO 50x50 cm	12,36	1,24	
CW00600	0,300	l	DESENCOFRANTE	1,72	0,52	
WW00300	0,300	u	MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES	0,55	0,17	
TOTAL PARTIDA.....						7,79

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

04.03	m3	HORMIGÓN PARA ARMAR HA-25/P/20/IIa EN PILARES				
		Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, en pilares, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de limpieza de fondos, vibrado y curado; construido según EHE y NCSR-02. Medido el volumen teórico ejecutado.				
TP00100	0,600	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	11,34	
CH02920	1,030	m3	HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa, SUMINISTRADO	60,26	62,07	
MV00100	0,200	h	VIBRADOR	1,51	0,30	
TOTAL PARTIDA.....						73,71

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con SETENTA Y UN CÉNTIMOS

04.04	m2	FORJ. RETICULAR CON BLOQUES PERM. HORMIGÓN SOP. HOR. (HA-25)				
		Forjado reticular de hormigón armado HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, con acero B 500 S, canto de 30+5 cm, aligeramiento con bloques permanentes de hormigón, mallazo electrosoldado B 500 T, capa de compresión de 5 cm, macizado de capiteles, nervio perimetral, refuerzo de huecos y anclajes de soportes de hormigón armado, incluso p.p. de encofrado, apeos, desencofrado, vibrado y curado; construido según EHE y NCSR-02. Medida la superficie de fuera a fuera deduciendo huecos mayores de 1 m2.				
TO00600	0,240	h	OF. 1ª FERRALLISTA	19,85	4,76	
TO02100	0,502	h	OFICIAL 1ª	19,85	9,96	
TP00100	0,680	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	12,85	
CA00320	9,360	kg	ACERO B 500 S	0,81	7,58	
CA00620	1,320	kg	ACERO ELECTROSOLDADO ME B 500 T EN MALLA	0,93	1,23	
CB00200	4,212	u	BLOQUE HORMIGÓN FORJADO RETICULAR	1,53	6,44	
CE00200	0,010	u	PUNTAL METÁLICO DE 3 m	20,82	0,21	
CH02920	0,185	m3	HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa, SUMINISTRADO	60,26	11,15	
CM00200	0,003	m3	MADERA DE PINO EN TABLA	195,18	0,59	
CM00300	0,003	m3	MADERA DE PINO EN TABLON	225,64	0,68	
CM00600	0,080	u	PANEL METÁLICO 50x50 cm	12,36	0,99	
MV00100	0,150	h	VIBRADOR	1,51	0,23	
WW00300	1,000	u	MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES	0,55	0,55	
WW00400	1,000	u	PEQUEÑO MATERIAL	0,30	0,30	
TOTAL PARTIDA.....						57,52

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Método Tradicional

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
04.05	m2		FORJADO UNIDIRECCIONAL APEADO			
			Forjado bidireccional apeado con puntales metálicos, durmientes y sopandas incluso retirada de apeos. Medida la superficie a luces libres.			
TO00400	0,114	h	OF. 1ª ENCOFRADOR	19,85	2,26	
TP00100	0,114	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	2,15	
CM00300	0,003	m3	MADERA DE PINO EN TABLON	225,64	0,68	
CE00200	0,034	u	PUNTAL METÁLICO DE 3 m	20,82	0,71	
WW00400	1,000	u	PEQUEÑO MATERIAL	0,30	0,30	
TOTAL PARTIDA.....						6,10

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS EUROS con DIEZ CÉNTIMOS

04.06	m3		HORM. ARM. HA-25/P/20/IIa EN VIGAS DESCUELQUE I/ENC. MAD. VISTO			
			Hormigón armado HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, en vigas de descuelgue, para quedar visto, suministrado y puesta en obra, armadura de acero B 500 S con una cuantía de 95 kg/m3, incluso p.p. de encofrado de madera, desencofrado, limpieza de fondos, ferrallado, separadores, vibrado y curado; construido según EHE y NCSR-02. Medido el volumen teórico ejecutado.			
05HAC00010	95,000	kg	ACERO EN BARRAS CORRUGADAS TIPO B400S	1,16	110,20	
05HED00101	11,000	m2	DESENCOFRADO ELEM. HORM. VISTO ENC. CON MADERA	4,77	52,47	
05HEM00225	11,000	m2	ENCOFRADO DE MADERA EN VIGAS PARA HORMIGÓN VISTO	21,92	241,12	
05HHJ00003	1,000	m3	HORMIGÓN PARA ARMAR HA-25/P/20/IIa EN VIGAS	77,83	77,83	
TOTAL PARTIDA.....						481,62

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS OCHENTA Y UN EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

04.07	m		PROTECCIÓN PERIMETRO FORJ. RED PARAMENTADA EN CANTO FORJADO			
			Protección de perímetro de forjado con red de seguridad de poliamida (HT) de 4 mm y luz de malla 10x10 cm, vertical paramentada fijada a canto de forjado, hasta 4 m de altura, incluso p.p. de anclajes de red y cuerdas de sujeción, desmontaje y mantenimiento, según R.D. 1627/97. Medida la longitud de red colocada por el perímetro del forjado.			
TO02200	0,200	h	OFICIAL 2ª	19,35	3,87	
TP00100	0,200	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	3,78	
HR00200	2,000	u	ANCLAJE DE RED	0,65	1,30	
HR00800	0,700	m	RED DE SEGURIDAD DE POLIAMIDA 4 mm Y MALLA 10x10 cm	4,13	2,89	
WW00400	1,000	u	PEQUEÑO MATERIAL	0,30	0,30	
TOTAL PARTIDA.....						12,14

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con CATORCE CÉNTIMOS

PLANIFICACIÓN ECONÓMICA DE LA ESTRUCTURA PREFABRICADA

RESUMEN

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Estructura Prefabricada

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP. 01	TRABAJOS PRELIMINARES.....	487,50	0,10
CAP. 02	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	5.101,80	1,06
CAP. 03	CIMENTACIÓN.....	120.243,75	24,93
CAP. 04	ESTRUCTURA.....	356.574,96	73,92
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		482.408,01	
11,97% Gastos generales.....		57.758,71	
SUMA DE G.G. (Plazo de ejecución (en meses) x 22.800 €/mes)		57.758,71	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		540.166,72	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		540.166,72	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de QUINIENTOS CUARENTA MIL CIENTO SESENTA Y SEIS EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Estructura Prefabricada

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 TRABAJOS PRELIMINARES									
01.01	m2 Despeje y desbroce del terreno								
	m2. Despeje y desbroce del terreno hasta entre una profundidad mínima de 0,15 m y máxima de 1,2 m, con medios mecánicos incluso carga sobre camión y retirada a gestor autorizado.								
	Superficie	1	750,00			750,00			
							750,00	0,65	487,50
	TOTAL CAPÍTULO 01 TRABAJOS PRELIMINARES								487,50

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Estructura Prefabricada

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 MOVIMIENTO DE TIERRAS									
02.01	m3 EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. MEDIA Excavación, en vaciado, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medido el volumen en perfil natural.								
	Losa de cimentación	1	825,00			825,00			
							825,00	1,00	825,00
02.02	m3 TRANSPORTE TIERRAS, ENTRE 5 Y 10 km CARGA M. MECÁNICOS Transporte de tierras realizado en camión basculante a una distancia comprendida entre 5 y 10 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido en perfil esponjado.								
	Ex cavación losa de cimentación, esponjamiento del 20%	1,2	825,00			990,00			
							990,00	4,32	4.276,80
TOTAL CAPÍTULO 02 MOVIMIENTO DE TIERRAS									5.101,80

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN									
03.01	m3 RELLENO DE GRAVA GRUESA LIMPIA EN LOSAS Relleno de grava gruesa limpia en losas, incluso compactado de base y extendido con medios manuales. Medido el volumen teórico ejecutado.								
	Subbase de cimentación, e=10 cm	1	75,00			75,00			
							75,00	28,05	2.103,75
03.02	m2 CAPA DE HORMIGÓN DE LIMPIEZA 10 cm ESP. MEDIO Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/I, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada.								
	Base losa de cimentación, e=10 cm	1	750,00			750,00			
							750,00	8,62	6.465,00
03.03	m3 HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa EN LOSAS DE CIMENT. Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, en losas de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de limpieza de fondos, vibrado y curado; según instrucción EHE y CTE. Medido el volumen teórico ejecutado.								
	Losa de cimentación, e=1,00 m	1	750,00			750,00			
							750,00	70,90	53.175,00
03.04	kg ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B500S EN CIMENT. Acero en barras corrugadas B 500 S en elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y p.p. de atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra; según instrucción EHE. Medido en peso nominal.								
	Según listados, con una cuantía de 60 kg/m3	1	45.000,00			45.000,00			
							45.000,00	1,30	58.500,00
TOTAL CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN.....									120.243,75

Estructura Prefabricada

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA									
04.01	ud PILAR PREFABRICADO DE HORM.ARM. HA-25/P/20/IIa, DE 50X50 CM								
	Pilar prefabricado de hormigón armado de sección rectangular maciza de 50x50 cm, de 7,5 m de altura libre máxima, para ir visto, con armadura de capacidad mecánica de 650 a 1400 kN/m, sin ménsulas, para encastar en la base y probisto de vainas para enfilado de armadura pasante en la unión viga-pilar. Incluso montaje con grúa, conexión con cimiento o viga y apeos necesarios.								
	PB a Forjado 2	1	24,00			24,00			
	Forjado 2 a Forjado 4	1	24,00			24,00			
							48,00	649,03	31.153,44
04.02	m VIGA PREFABRICADA DE HORMIGÓN ARMADO, DE 50X50 CM								
	Viga prefabricada de hormigón armado de 50 cm de anchura total y 50 cm de altura total, con un momento flector máximo de 420 kN·m, según UNE-EN 13225.								
	Según listados:	1	1.080,00			1.080,00			
							1.080,00	162,82	175.845,60
04.03	m2 PLACA ALVEOLAR PREFABR. HORM. PRET. CANTO 30 cm								
	Medida la superficie capaz útil descargada								
							2.292,00	65,26	149.575,92
	TOTAL CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA.....								356.574,96
	TOTAL.....								482.408,01

PRECIOS DESCOMPUESTOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estructura Prefabricada

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 01 TRABAJOS PRELIMINARES					
01.01		m2 Despeje y desbroce del terreno			
		m2. Despeje y desbroce del terreno hasta entre una profundidad mínima de 0,15 m y máxima de 1,2 m, con medios mecánicos incluso carga sobre camión y retirada a gestor autorizado.			
ME00300	0,021 h	PALA CARGADORA	23,87	0,50	
TP00100	0,008 h	PEÓN ESPECIAL	18,90	0,15	
TOTAL PARTIDA.....					0,65

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estructura Prefabricada

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 02 MOVIMIENTO DE TIERRAS					
02.01	m3	EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. MEDIA Ex cavación, en vaciado, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medido el volumen en perfil natural.			
TP00100	0,016 h	PEÓN ESPECIAL	18,90	0,30	
ME00400	0,020 h	RETROEXCAVADORA	34,98	0,70	
TOTAL PARTIDA.....					1,00

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS

02.02	m3	TRANSPORTE TIERRAS, ENTRE 5 Y 10 km CARGA M. MECÁNICOS Transporte de tierras realizado en camión basculante a una distancia comprendida entre 5 y 10 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido en perfil esponjado.			
ME00300	0,020 h	PALA CARGADORA	23,87	0,48	
MK00100	0,150 h	CAMIÓN BASCULANTE	25,60	3,84	
TOTAL PARTIDA.....					4,32

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con TREINTA Y DOS CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS**Estructura Prefabricada**

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 03 CIMENTACIÓN						
03.01		m3	RELLENO DE GRAVA GRUESA LIMPIA EN LOSAS			
			Relleno de grava gruesa limpia en losas, incluso compactado de base y extendido con medios manuales. Medido el volumen teórico ejecutado.			
TP00100	0,800	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	15,12	
AG00100	1,100	m3	GRAVA	10,86	11,95	
GW00100	0,150	m3	AGUA POTABLE	0,55	0,08	
MR00200	0,300	h	PISÓN MECÁNICO MANUAL	3,01	0,90	
TOTAL PARTIDA.....						28,05

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIOCHO EUROS con CINCO CÉNTIMOS

03.02		m2	CAPA DE HORMIGÓN DE LIMPIEZA 10 cm ESP. MEDIO			
			Capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/I, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, de 10 cm de espesor mínimo, en elementos de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de alisado de la superficie; según instrucción EHE y CTE. Medida la superficie ejecutada.			
TO02200	0,050	h	OFICIAL 2ª	19,35	0,97	
TP00100	0,075	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	1,42	
CH04020	0,110	m3	HORMIGÓN HM-20/P/20/I, SUMINISTRADO	56,63	6,23	
TOTAL PARTIDA.....						8,62

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

03.03		m3	HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa EN LOSAS DE CIMENT.			
			Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, en losas de cimentación, suministrado y puesto en obra, incluso p.p. de limpieza de fondos, vibrado y curado; según instrucción EHE y CTE. Medido el volumen teórico ejecutado.			
TO02200	0,050	h	OFICIAL 2ª	19,35	0,97	
TP00100	0,400	h	PEÓN ESPECIAL	18,90	7,56	
CH02920	1,030	m3	HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa, SUMINISTRADO	60,26	62,07	
MV00100	0,200	h	VIBRADOR	1,51	0,30	
TOTAL PARTIDA.....						70,90

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS

03.04		kg	ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B500S EN CIMENT.			
			Acero en barras corrugadas B 500 S en elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y p.p. de atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra; según instrucción EHE. Medido en peso nominal.			
TO00600	0,020	h	OF. 1ª FERRALLISTA	19,85	0,40	
CA00320	1,080	kg	ACERO B 500 S	0,81	0,87	
CA01700	0,005	kg	ALAMBRE DE ATAR	1,23	0,01	
WW00400	0,050	u	PEQUEÑO MATERIAL	0,30	0,02	
TOTAL PARTIDA.....						1,30

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UN EUROS con TREINTA CÉNTIMOS

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

Estructura Prefabricada

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	----------	----	---------	--------	----------	---------

CAPÍTULO 04 ESTRUCTURA

04.01	ud	PILAR PREFABRICADO DE HORM.ARM. HA-25/P/20/IIa, DE 50X50 CM				
		Pilar prefabricado de hormigón armado de sección rectangular maciza de 50x50 cm, de 7,5 m de altura libre máxima, para ir visto, con armadura de capacidad mecánica de 650 a 1400 kN/m, sin ménsulas, para encastar en la base y probisto de vainas para enfado de armadura pasante en la unión viga-pilar. Incluso montaje con grúa, conexión con cimient o viga y apeos necesarios.				
PILARD	1,000	Ud	PILAR PREFABRICADO DE HORMIGÓN ARMADO DE SECCIÓN 50X50, DE 7,5 M	500,00	500,00	
GRUA	1,500	Hr	GRÚA AUTOPROPULSADA DE BRAZO TELESCÓPICO, 30 TN Y H=20 M	70,00	105,00	
TO00900	0,760	h	OF. 1ª MONTADOR	19,85	15,09	
TA00200	1,520	h	AYUDANTE ESPECIALISTA	19,04	28,94	
TOTAL PARTIDA.....						649,03

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS CUARENTA Y NUEVE EUROS con TRES CÉNTIMOS

04.02	m	VIGA PREFABRICADA DE HORMIGÓN ARMADO, DE 50X50 CM				
		Viga prefabricada de hormigón armado de 50 cm de anchura total y 50 cm de altura total, con un momento flector máximo de 420 kN·m, según UNE-EN 13225.				
FHGFHFG	1,000	M	VIGA PREFABRICADA DE HORMIGÓN ARMADO DE 50X50 CM	127,77	127,77	
MG00100	0,049	h	GRUA MÓVIL AUTOPROPULSADA	55,57	2,72	
TO00900	0,050	h	OF. 1ª MONTADOR	19,85	0,99	
TA00200	0,100	h	AYUDANTE ESPECIALISTA	19,04	1,90	
CW00870	1,000	u	CABLE 8 TORONES 0,6 ANCLAJE PERMANENTE	29,44	29,44	
TOTAL PARTIDA.....						162,82

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO SESENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS

04.03	m2	PLACA ALVEOLAR PREFABR. HORM. PRET. CANTO 30 cm				
		Medida la superficie capaz útil descargada				
CW80010	1,000	m2	PLACA ALVEOLAR PREFABR. HORM. PRET. CANTO 20 cm	36,72	36,72	
ALVKJBF	1,000	kg	ACERO LAMINADO UNE-EN 10025 S275JR, PARA APOYO DE PLACA	2,64	2,64	
XFNF	4,000	kg	ACERO EN BARRAS CORRUGADAS	0,81	3,24	
CH02920	0,050	m3	HORMIGÓN HA-25/P/20/IIa, SUMINISTRADO	60,26	3,01	
MG00100	0,202	h	GRUA MÓVIL AUTOPROPULSADA	55,57	11,23	
MB00200	0,001	h	BOMBA DE HORMIGONAR	55,84	0,06	
TO00900	0,215	h	OF. 1ª MONTADOR	19,85	4,27	
TA00200	0,215	h	AYUDANTE ESPECIALISTA	19,04	4,09	
TOTAL PARTIDA.....						65,26

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SESENTA Y CINCO EUROS con VEINTISEIS CÉNTIMOS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio de Fomento. Instrucción de Hormigón Estructural, EHE-08. 2008.
- [2] Ministerio de Fomento. Código Técnico de la Edificación, CTE. 2009.
- [3] Ministerio de Fomento. Norma de Construcción Sismoresistente: Parte General y Edificación, NCSE-02. 2013.
- [4] ACI Committe 318. Building Code Requeriments for Structural Concrete and Commentary, ACI 318M-11. 2011.
- [5] Cype Ingenieros. "CypeCAD" v.2016.
- [6] University of Toronto. M. P. Collins and E. Bentz, "Response2000". 2000.
- [7] Autodesk. "AutoCAD" v.2018.
- [8] Microsoft Office. "Excel" v.2016.
- [9] Microsoft Office. "Project" v.2016.
- [10] Rib Spain. "Presto" v. 8.8.
- [11] Instituto Geológico Nacional, IGN. Mapa Geográfico Nacional. Hoja 1009.
- [12] Instituto Geológico y Minero de España. Memoria del mapa geológico de España. 1988.
- [13] Ministerio de Educación. R.D. 132/2010, de 12 de febrero, por el que se establecen requisitos mínimos de los centros docentes que impartan enseñanzas de segundo ciclo de la educación infantil, la educación primaria y secundaria. 2010.
- [14] Consejería de Educación y Ciencia. Orden de 24 de enero de 2003 de la Consejería de Educación y Ciencia por la que se aprueban las "Normas de Diseño y Constructivas para los Edificios de Uso Docente". 2003.
- [15] Ministerio de Educación. Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. 2006.
- [16] Ministerio de Fomento. Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación, CTE DBSE AE. 2009.
- [17] J.S.G. y C.O.M. José María Rodríguez Ortíz, "Curso Aplicado de Cimentaciones". 1989.
- [18] A. E. R. Jesús Donaire Ávila, Amadeo Benavent-Climent, Leandro Morillas Romero, David Escolano Margarit, *Prácticas de estructuras IV*. 2011.
- [19] Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía. Base de costes de la construcción de Andalucía, BCCA. 2017.
- [20] Gobierno de España. BOE 272. Ley 9/2017 de 8 de noviembre de 2017, de Contratos del Sector Público, 2017.
- [21] CEN, *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 3: Assessment and retrofitting of buildings*. 2005.

- [22] R. E. Englekirk, *Seismic Design of Reinforced and Precast Concrete Buildings*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2003
- [23] J. M. Canciani, "Introducción a los tipos estructurales". 2009.
- [24] Ministerio de Fomento. Instrucción de Acero Estructural, EAE. 2010.
- [25] F. M. Cabré, J. Carlos, A. Portero, J. Montoya, J. Carlos, and A. Portero, *Hormigón armado - Jiménez Montoya*, 15th ed. Gustavo Gili SL, 2009.