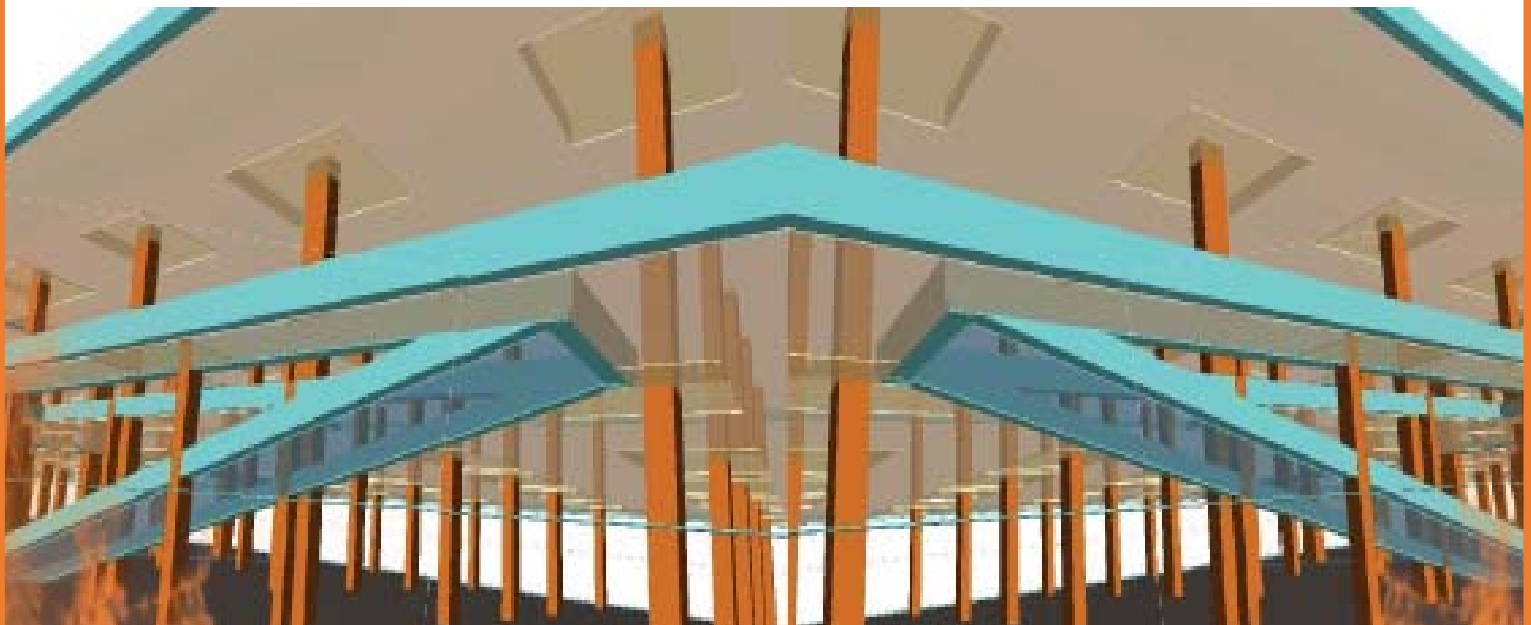


*ANÁLISIS FRENTE AL
FUEGO DE UNA
ESTRUCTURA DE
HORMIGÓN ARMADO
Garaje público en Universidad Jaume I*

AUTOR: Raquel Fernández Caballer
TUTOR: Emma Moliner



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi tutora Emma Moliner, todo el tiempo dedicado, toda la ayuda que he recibido, su paciencia, y sobre todo su sinceridad, porque sin eso, no hubiera llegado hasta el final.

A mi familia, que tanto me han aportado y enseñado durante estos años de estudio, por darme todos los medios necesarios y apoyarme, por hacer de mí, lo que soy a día de hoy, y porque nunca les podré devolver todos los esfuerzos que han hecho por mí.

A mi padre, José Antonio, porque siempre ha sido mi ejemplo a seguir, trabajador, luchador y con las ideas claras. Gracias por enseñarme como es la vida, papá.

Y por último, a David, porque gracias a él empecé a replantearme mi futuro, a ponerme nuevas metas, y a conseguirlas. Por estar siempre a mi lado y aportarme lo mejor que se puede recibir de una persona.

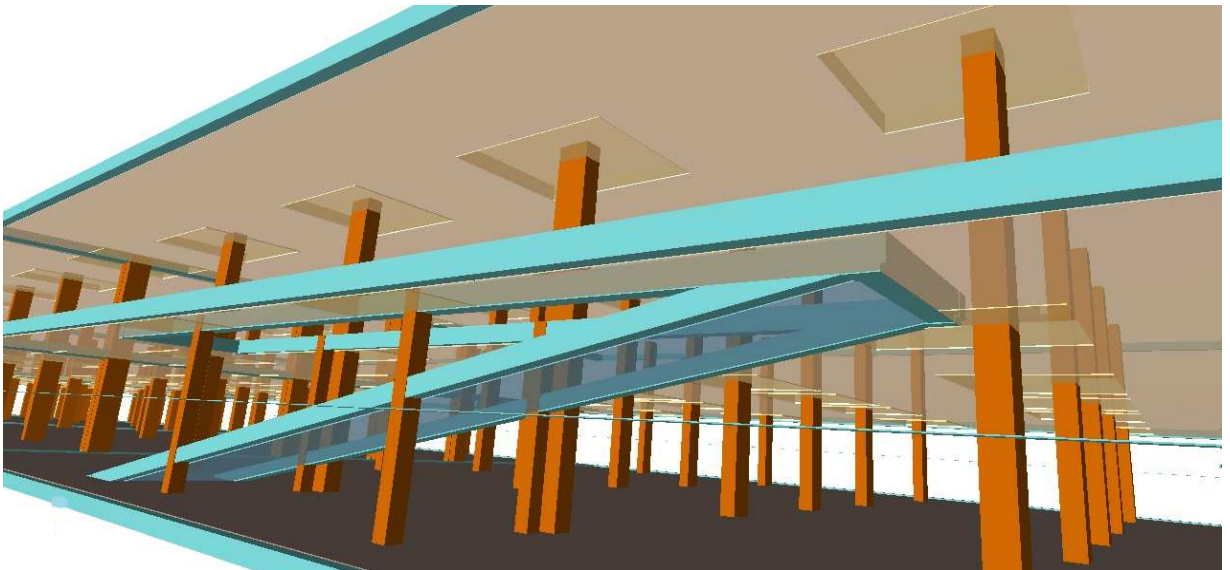
Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	OBJETIVOS.....	7
3.	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA EN SU ESTADO ACTUAL	9
3.1	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	9
3.2	DESCRIPCIÓN DEL APARCAMIENTO	10
3.2.1	<i>DISTRIBUCION</i>	10
3.2.2	<i>INSTALACIONES:</i>	11
3.2.3	<i>ACABADOS</i>	13
4.	ESTRUCTURA.....	25
4.1	ESTRUCTURA PREVIA	25
4.2	RECÁLCULO DE LA ESTRUCTURA:.....	28
4.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	30
4.3.1	<i>HORMIGONES:</i>	30
4.3.2	<i>ACERO:</i>	31
4.3.3	<i>OTROS:</i>	32
5.	INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	34
5.1	PROPAGACIÓN INTERIOR.....	36
5.1.1	<i>COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO</i>	36
5.1.2	<i>REACCIÓN AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, DECORATIVOS Y DE MOBILIARIO</i>	38
5.2	EVACUACION DE LOS OCUPANTES.....	39
5.2.1	<i>CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN:</i>	39
5.2.2	<i>NUMERO DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS</i>	39
5.2.3	<i>DIMENSIONADO DE LOS MEDIOS DE EVACUACION</i>	40
5.2.4	<i>CONTROL DEL HUMO DE INCENDIO</i>	42
5.3	INSTALACION DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS	43
5.3.1	<i>DOTACION DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS:</i>	43
5.3.2	<i>SEÑALIZACIÓN Y ALUMBRADO</i>	50
5.4	RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA.....	53
6.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA AL FUEGO.....	63
6.1	DATOS PREVIOS.....	63
6.1.1	<i>INTRODUCCIÓN DE DATOS EN CYPECAD</i>	63
6.1.2	<i>CONCEPTOS PREVIOS AL CÁLCULO:</i>	65
6.2	ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA SEGÚN EL CODIGO TÉCNICO	67
6.2.1	<i>ANÁLISIS DE LAS VIGAS:</i>	71
6.2.2	<i>ANÁLISIS DE PILARES:</i>	76
6.2.3	<i>ANÁLISIS DEL MURO</i>	80
6.2.4	<i>ANÁLISIS DEL FORJADO:</i>	83
6.2.5	<i>CUADRO RESUMEN:</i>	84
6.3	ANÁLISIS MEDIANTE EL EUROCÓDIGO EC-2	84
6.3.1	<i>FORJADO:</i>	84
6.4	ANÁLISIS MEDIANTE CYPE	85
6.5	POSIBLES DAÑOS EN LA ESTRUCTURA	87
6.5.1	<i>POSIBLES DAÑOS DEL FUEGO:</i>	90
7.	PROPUESTA DE MEJORAS.....	96
7.1	MORTERO IGNIFUGO:.....	96
7.2	PINTURAS ABLATIVAS	98
7.3	MORTERO DE YESO	99
7.5	REDUCCION DEL TIEMPO EQUIVALENTE DE LA EXPOSICION AL FUEGO	101
7.6	ANÁLISIS DE MEJORA:.....	105
8.	VALORACIÓN ECONÓMICA:.....	109

8.1	CUADRO RESUMEN	109
8.2	PRESUPUESTO	110
9.	CONCLUSIONES	119
	ANEXOS	123

1

INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente libro se centra en el estudio y análisis de la estructura de un garaje público en términos de su resistencia a fuego. El garaje está situado en la Universidad Jaume I, ubicada en la ciudad de Castellón.

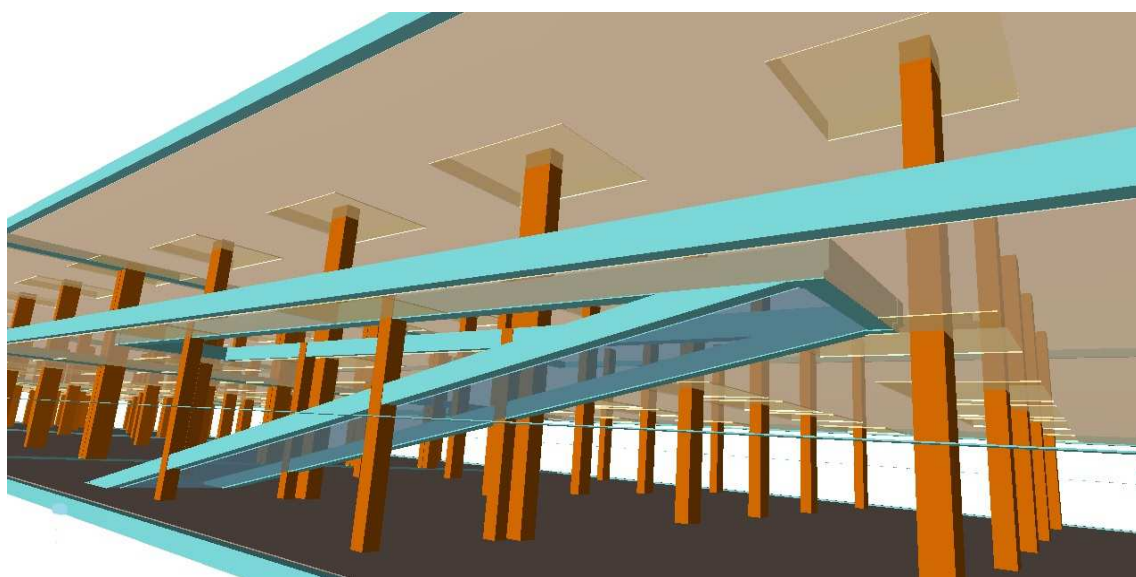
Así pues, el trabajo se estructura en diferentes capítulos, como ubicación, emplazamiento y descripción, instalación de protección frente al fuego, cálculo de la estructura frente al fuego, propuestas de mejora, y valoración económica.

Para el desarrollo del análisis estructural se emplea normativas como el código técnico de la edificación (CTE), la instrucción de hormigón estructural (EHE-08), y el euro código 2 (EC2).

Cabe destacar, que este proyecto se realiza en base a otro proyecto fin de carrera realizado por una compañera, el cual contenía los siguientes capítulos: Memoria descriptiva, Memoria constructiva, Cumplimiento con el Código Técnico, Presupuesto y Pliego de condiciones, Plan de Seguridad y Salud, Plan de control de calidad, y Plan de gestión de residuos.

2

OBJETIVOS



2. OBJETIVOS

El principal objetivo del proyecto es:

Análisis de la resistencia estructural frente al fuego de un garaje público de acuerdo a las normativas, proponer mejoras y seleccionar la solución más adecuada desde el punto de vista económico y seguro.

Para llegar al objetivo planteado, primero se realiza un recalcu de la estructura previa, donde se realizan una serie de modificaciones estructurales, debidas a diferentes causas. Una vez realizado esto, se analizan las protecciones al fuego necesarias para este uso, empleando el documento básico de seguridad en caso de incendio del Código Técnico de la Edificación, y las normas UNE recogidas en el siguiente apartado.

Además, se realiza un análisis de la estructura basado en el mismo documento del Código Técnico de la Edificación, y su posterior comprobación de aquellos elementos que no cumplen con la resistencia al fuego exigida mediante el Euro Código 2. Para poder comprobar las resistencias resultantes también se emplea la función de cálculo del programa CYPE.

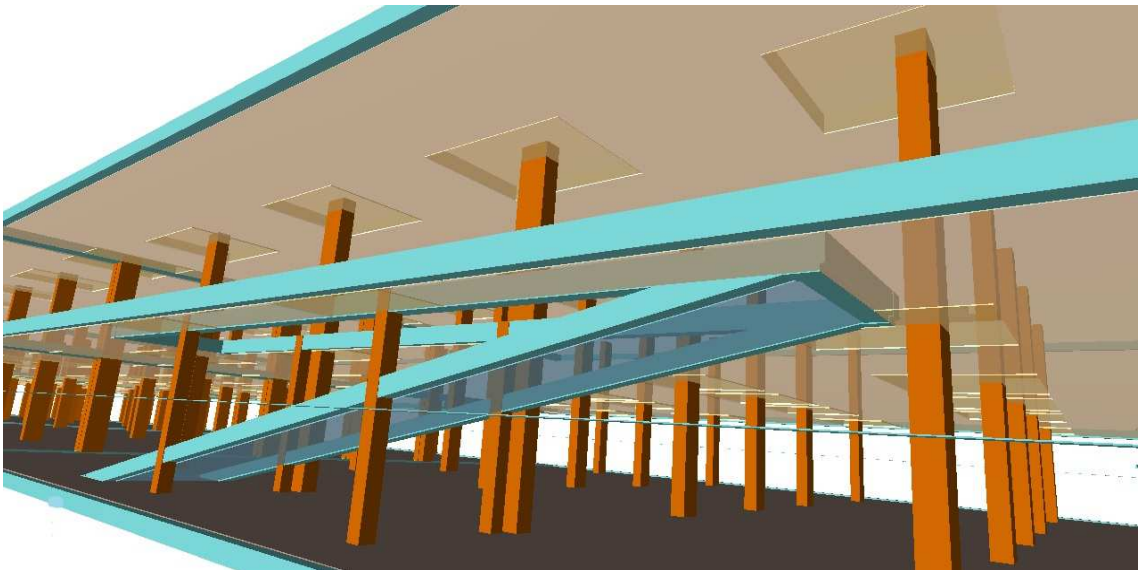
Con los resultados obtenidos, se proponen alternativas y mejoras tanto de aquellos elementos que cumplen como los que no, para así poder realizar una valoración económica tanto de la estructura como de los elementos de protección frente a incendios.

NORMATIVA CONSULTADA:

CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACION CTE
EHE 08 INSTRUCCIÓN DEL HORMIGON ESTRUCTURAL
RD 1942/1993 REGLAMENTO DE INSTALACIONES DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS
EURO CODIGO 2 -1-2:2004
UNE EN 231 10: EXTINTORES PORTATILES DE INCENDIO
UNE EN 54: SISTEMAS DE DETECCION Y ALARMA DE INCENDIO
UNE EN 671: INSTALACIONES FIJAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS
UNE 23500: SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS
UNE 23035: SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS
UNE 23034: SEÑALIZACION DE SEGURIDAD
UNE EN ISO 604 PLÁSTICOS. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES EN COMPRESIÓN.

3

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA



3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA EN SU ESTADO ACTUAL

3.1 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El garaje objeto de estudio, se sitúa dentro de la universidad Jaume I en Castellón de la Plana. Concretamente se sitúa debajo del aparcamiento a cielo abierto existente entre el pabellón polideportivo y la biblioteca.

La universidad Jaume I fue fundada en el año 1991, cuando las cortes valencianas aprobaron la ley de su creación. La universidad se crea sobre la herencia de la escuela de formación del profesorado, fundada en el año 1901. Se crean con tres centros docente, y un centro de investigación. A día de hoy, la universidad Jaume I consta de 4 facultades (jurídicas, tecnológica, ciencias de la salud y humanas).



Imagen 1. Termino de Castellón. Google Maps

La universidad Jaume I cuenta con una superficie de suelo de 717.799m², y 736.619m² construidos, destinados a distintos usos, enseñanza (aprox. 153.941m²), deportivo (aprox. 76.014m²) y cultural (aprox. 17.272m²). El resto de superficie (aprox. 478.719m²) pertenece a urbanismo, como parkings, zonas verdes... (*)



Imagen 2. Catastro Universidad. Catastro virtual

(*)Información obtenida del catastro

El garaje se diseña en forma de "L" siendo la superficie ocupada en planta aproximadamente de 7250 metros cuadrados, con una forma de dos rectángulos, uno de 139 metros de largo y 32,8 de ancho y otro de 78 metros de largo y 33,6 de ancho y con profundidad suficiente para construir dos plantas.



Imagen 3. Ubicación del garaje. Bing.com

3.2 DESCRIPCIÓN DEL APARCAMIENTO

3.2.1 DISTRIBUCION

Como se ha dicho anteriormente, el garaje tiene una superficie de 7250m² por planta. Se distribuyen en él 546 plazas de dimensiones 2.30x4.6m para plazas patrón, y 3.5x5m para plazas de minusválidos (véase Tabla 1). La distribución del garaje queda grafada en el plano 3.2.1 – 3.2.2 Distribución.

Planta	Plazas		
	Patrón	Minusválidos	Total
1ª	267	9	276
2ª	261	9	270
	528	18	546

Tabla 1. Plazas de aparcamiento

Las calles interiores son de un único sentido y la anchura mínima de éstas es de 5.4m (Véase plano 3.3.1 y 3.3.2 Cotas). Para la entrada y salida de vehículos se instala una rampa de doble sentido, y para el acceso a la segunda planta se instalan otras dos independientes de la primera. En cualquier caso se cumplen todas las exigencias técnicas y de diseño que establece el vigente P.G.O.U. Se trata de rampas con una pendiente no superior al 16% en tramos rectos.

Para el acceso peatonal, se disponen de 5 escaleras, ubicadas de tal manera que cumpla la distancia máxima de evacuación establecida por el CTE (50m), y un ascensor de dimensiones 1000x1250x2200 mm.

El garaje también cuenta con servicios higiénicos tanto para hombres, mujeres y minusválidos, que constan de 3 cabinas de inodoros por servicio. El aseo destinado a minusválidos, está construido según lo establecido en el documento básico del código técnico DB-SU.

3.2.2 INSTALACIONES:

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Para la protección contra incendios se dispone de un aljibe para poder realizar el suministro de agua, con 12m³ de capacidad, que se realiza mediante una válvula de boya para el control automático de nivel, y se sitúa en el subsuelo de la última planta, lo más próximo a la estación de bombeo. Desde aquí parte la red de agua contra incendios, de la que forma parte el equipo de presión de agua y las tuberías de acero DIN 2240 de color rojo que la transportan.

El grupo electrobomba aporta un caudal de 1,60 l/s a 60m.c.a. y una presión entre 3.50 y 5.00 k/cm², funciona simultáneamente con las dos bocas más desfavorables. Se puede accionar automáticamente por presostato o manualmente desde el cuarto de bombas.

En el exterior, existe una toma de uso exclusivo para bomberos con tubería de hierro galvanizado de 3", que se conecta a la red de agua contra incendios del garaje, sin pasar por el grupo de presión.

Por todo el aparcamiento se han instalado bocas de incendio, de 25mm de diámetro y equipadas con boquilla, lana, manguera de 30m de longitud, suficiente para alcanzar cualquier punto del aparcamiento, válvula de apertura rápida y manómetro, colocadas en un armario metálico con protector de cristal. Además, el garaje contiene detectores de fuego termovelocimétricos, detectores de humo y pulsadores de alarma, ambos conectados a la central de incendio. Dispone también de extintores de eficacia 21A-113B. (Véase apartado 5)

VENTILACIÓN

Se instala un sistema de extracción de gases, formada por ventiladores helicoidales tubulares con hélice de aluminio de álabes inclinados, motor para alimentación trifásica y camisa corta. Los conductos son de chapa galvanizada que aguantan hasta 400°C durante dos horas. Estos conductos se sitúan por todo el perímetro del garaje, en la parte alta del muro de cimentación. Además, dispone de rejillas de aspiración de 1400x990 mm con reguladores de caudal, distribuidos equitativamente en todo el ámbito de cada planta.

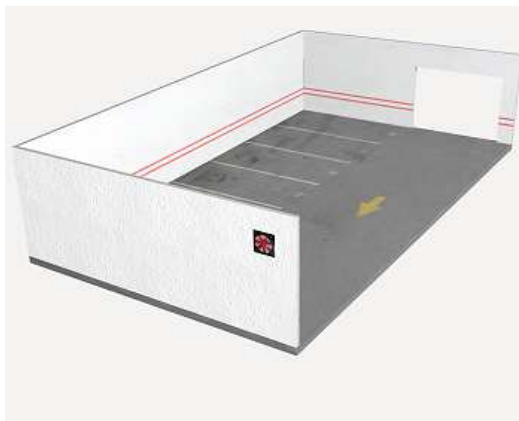


Imagen 5. Ventilador helicoidal. Cybe

Se dispone un sistema de detección automática de monóxido de carbono (CO), formado por una central de 3 zonas de detección (desde donde se alimentan los detectores y leen las concentraciones de CO recibidas por estos), 64 detectores de monóxido de carbono y 2 sirenas interiores. (Véase plano 3.4.1 – 3.4.2 Ventilación)

ELECTRICIDAD

La electricidad llega del centro de transformación más cercano, a través de una acometida eléctrica hasta el cuadro general de protección y maniobra, colocado en el cuarto de control. A partir de aquí se reparten los circuitos siendo 9 circuitos para alumbrado, 9 circuitos para alumbrado de emergencia, 10 circuitos para ventilación, 1 circuito para puerta automatizada, 1 circuito para sistema de detección y alarma de incendios, 1 circuito para sistema de detección de monóxido de carbono y 5 circuitos para bomba de achique. Estos se conectan a los receptores mediante cableado de cobre, bajo un tubo protector de PVC rígido con una tensión de 450/750V.

Para la iluminación se emplean focos de luz fluorescente, colocados de forma estratégica en las zonas de circulación de vehículos y peatonal, para conseguir una iluminación homogénea. Para la iluminación de seguridad, se establecen puntos de luz en las zonas de circulación, que se mantendrán encendidas siempre y equivalen a un 33% de la iluminación total. La iluminación de emergencia se distribuye en todas las zonas del garaje, que se encenderá cuando se produzca un fallo del suministro eléctrico.

El encendido de las luces en las escaleras de acceso peatonal y aparcamiento, se realiza por medio de pulsadores con apagado automático y con interruptor temporizado. Para el de los cuartos de ventilación, aseos y control se realiza mediante interruptor. Las puertas principales (para vehículos) son automáticas con un sistema de seguridad de apertura manual.

FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

La fontanería es de tuberías de hierro de 1 ½ "que alimentan el aljibe, los aseos y los vertederos. Interiormente se distribuye mediante tuberías de cobre.

Para el tratamiento de aguas residuales se instalan tuberías de PVC de $\varnothing 40\text{mm}$ para los lavabos, $\varnothing 50\text{mm}$ para la caldereta sinfónica y vertederos, y $\varnothing 110\text{mm}$ para inodoros. Todos estos van directos a una bajante de PVC de $\varnothing 125\text{mm}$, que conecta con el pozo de registro situado en el sótano más profundo.

El agua procedente de las lluvias (caída por las rampas de acceso) se vierte a unos sumideros y desde ahí se conectan a unas bajantes de PVC, que la envía, junto con las residuales, a una arqueta de bombeo donde son impulsadas a la red municipal mediante una tubería de PVC de $\varnothing 63\text{mm}$. En la conducción a dicha red se colocan válvulas antirretornos para asegurar que esas aguas no vuelvan a la red interior.

Toda la red de saneamiento localizada por debajo del último sótano se ejecuta sobre una solera de hormigón recubierta con arena. (Véase plano 3.5.1 – 3.5.2 Fontanería)

3.2.3 ACABADOS

SOLADO

El suelo del garaje se pinta con color y la zona del aparcamiento se realiza con pavimento continuo de hormigón armado de 15cm de espesor, tratado superficialmente con mortero de rodadura color gris. Para los aseos se colocan baldosas cerámicas de gres esmaltado, de 25x25cm de color gris con juntas de la misma tonalidad.

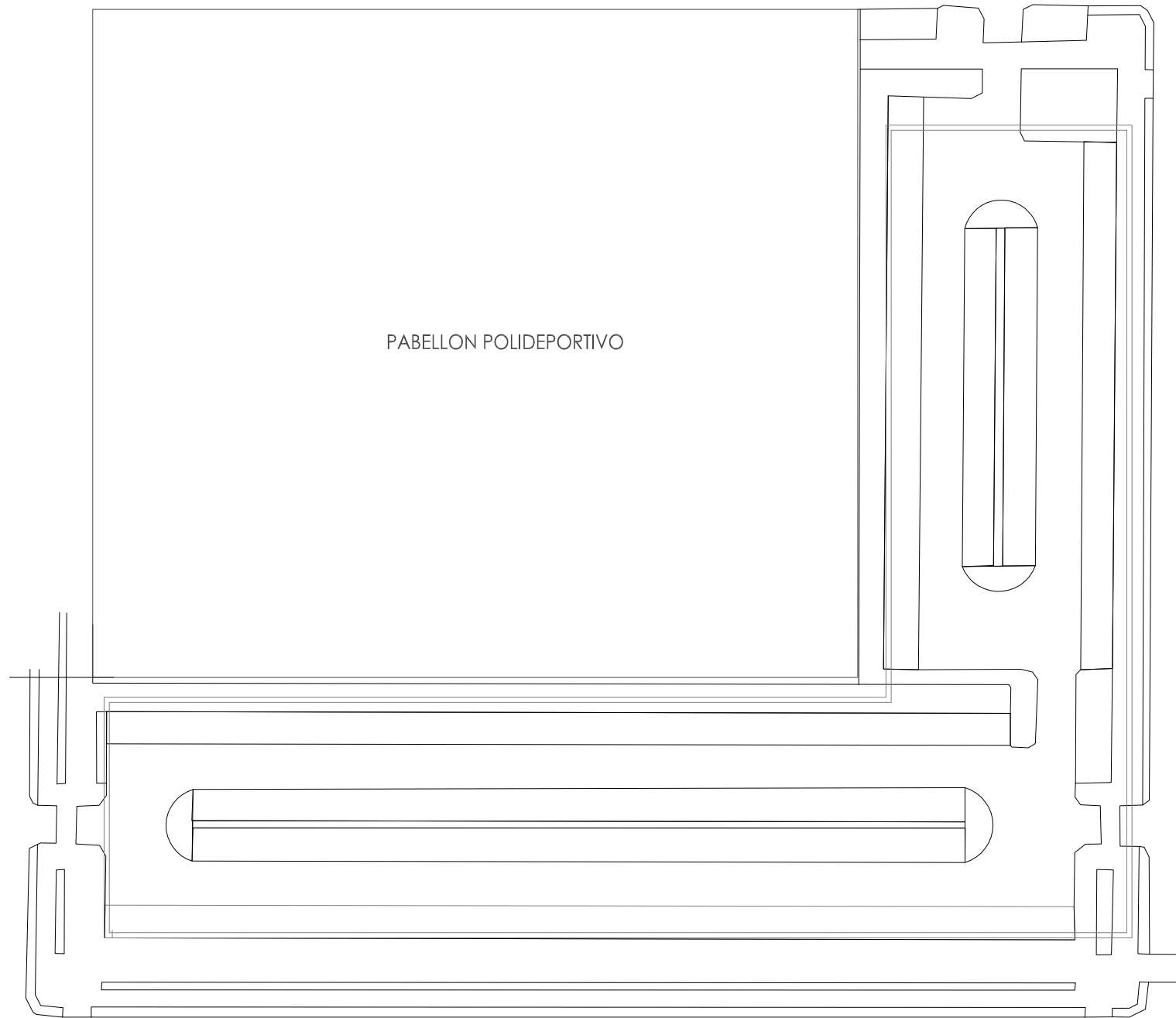
La señalización horizontal se realiza con flechas pintadas en el pavimento, y pasos de cebra con pintura blanca. Cada planta ira pintada de un color para que no haya confusión, además las plazas están numeradas y marcadas.

ELEMENTOS DE COMUNICACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL

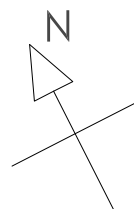
Las puertas son metálicas de chapa galvanizada, tanto para las puertas de acceso peatonal, que no pueden abrirse con llave desde el exterior, como para las puertas cortafuegos, que son resistentes al fuego y se colocan en los vestíbulos de los desembarcos de las escaleras. Ambas disponen de barrera antipánico por el interior y apertura rápida en sentido de la evacuación.

La puerta de acceso a los vehículos, también es metálica, con lamas transparentes y ciegas de acero galvanizado lacado. Para los aseos se colocan prefabricadas de madera. En caso de fallo eléctrico, las puertas disponen de accionamiento manual, además de rejillas para facilitar la entrada de aire exterior.

Las escaleras van revestidas con terrazo color marfil, y llevan colocadas una barandilla metálica de tubo hueco de acero laminado en frío, con bastidor doble, montantes y barrotes verticales, fijada mediante atornillado. Las rampas de acceso a vehículos son como el resto del suelo, de pavimento continuo de hormigón armado.



PABELLON POLIDEPORTIVO

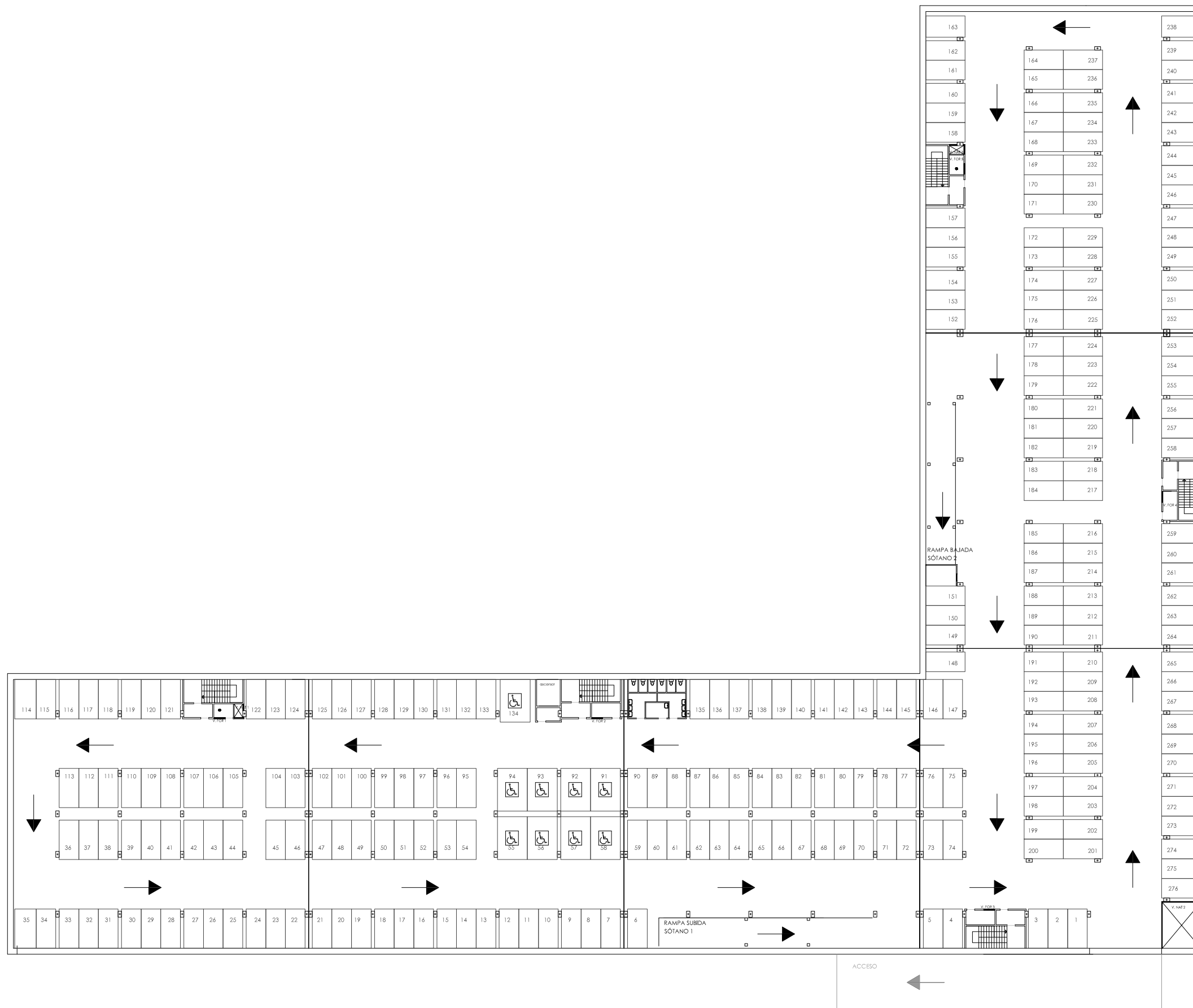


Bing.com

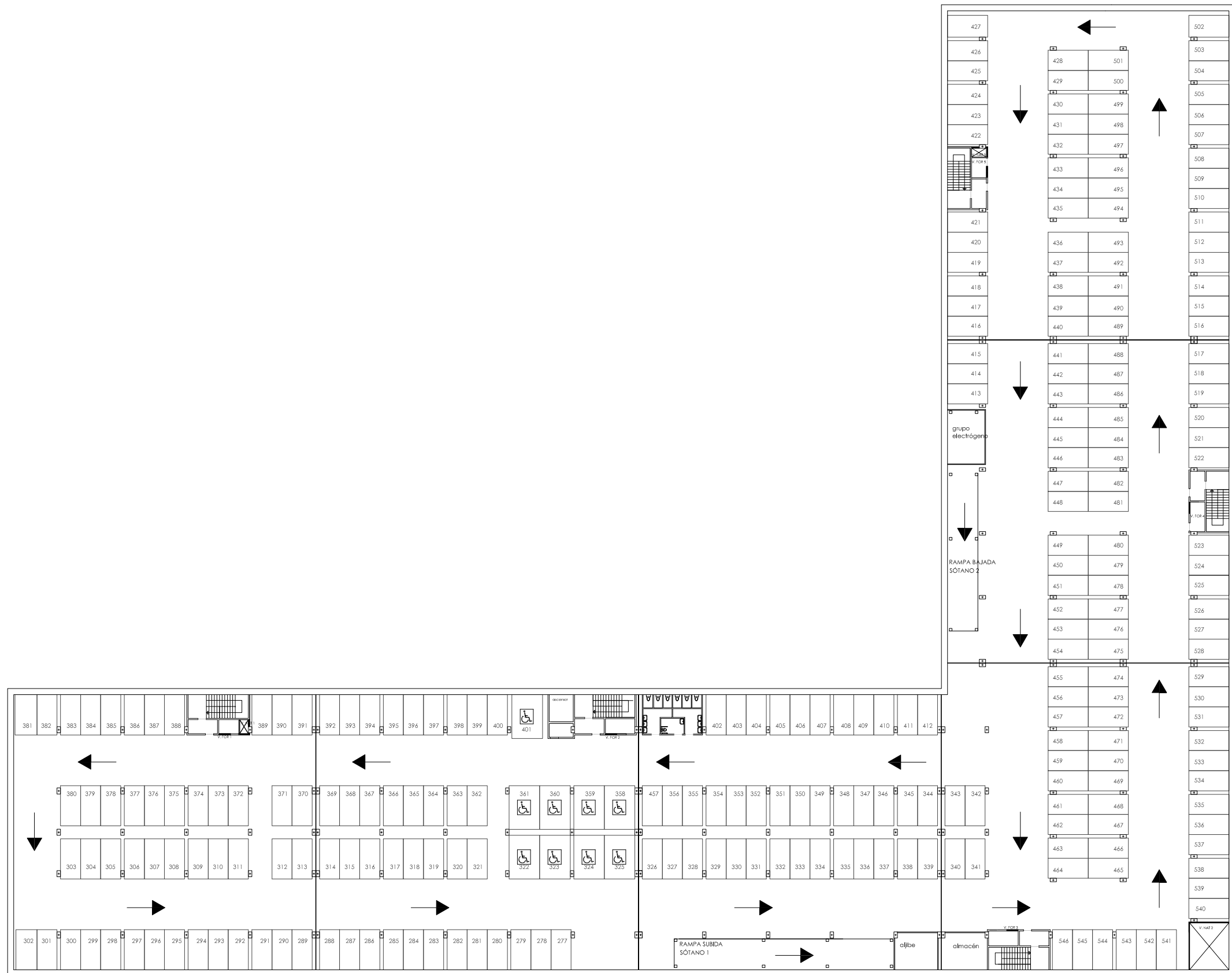


Google Maps

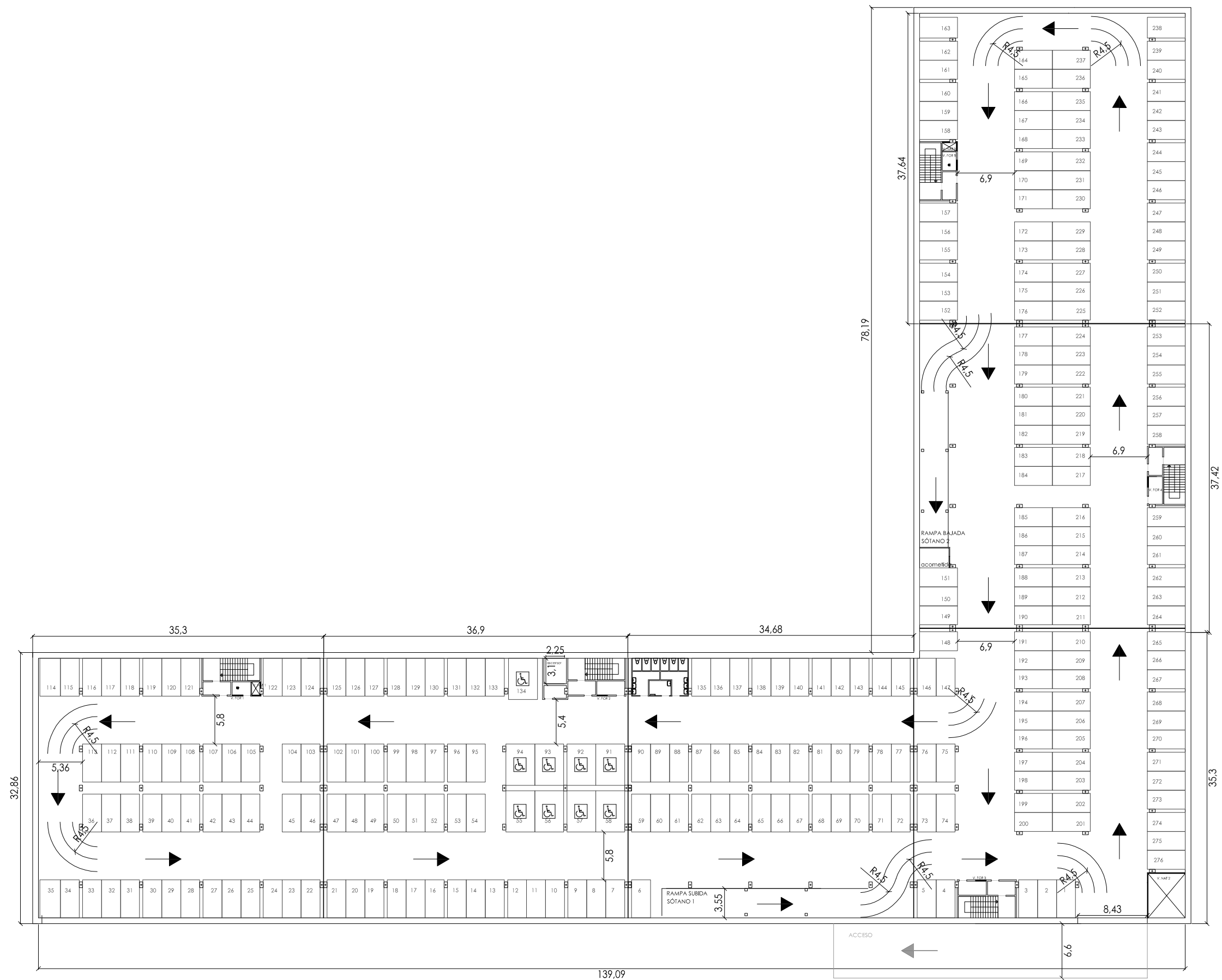
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: 3.1 SITUACIÓN	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: 3.1
	Escala: 1/800	



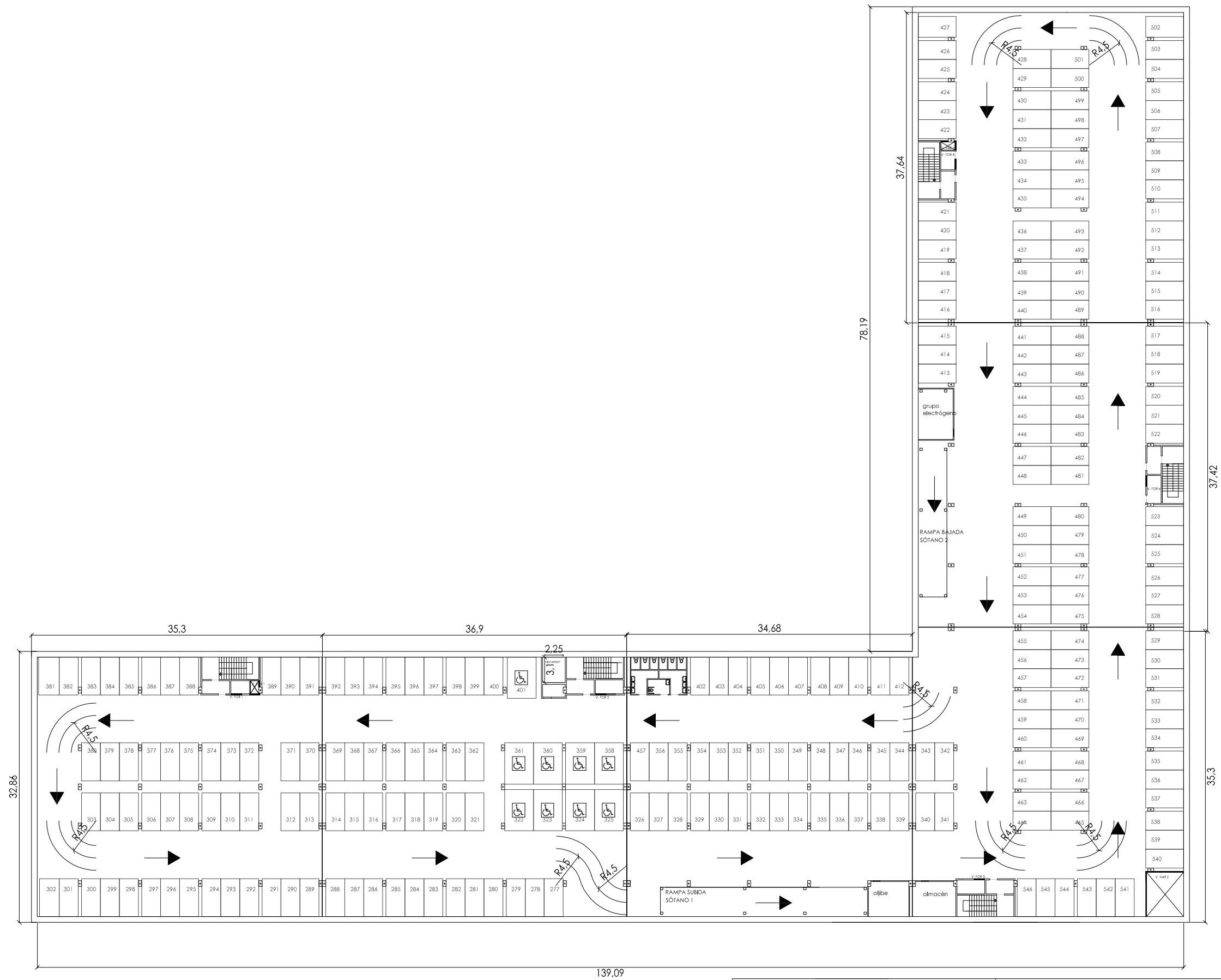
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: 3.2.1 DISTRIBUCIÓN S-1	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: 3.2.1
	Escala: 1/500	



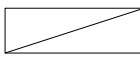




Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: 3.2.2 DISTRIBUCIÓN S-2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/500
	Plano: 3.2.2

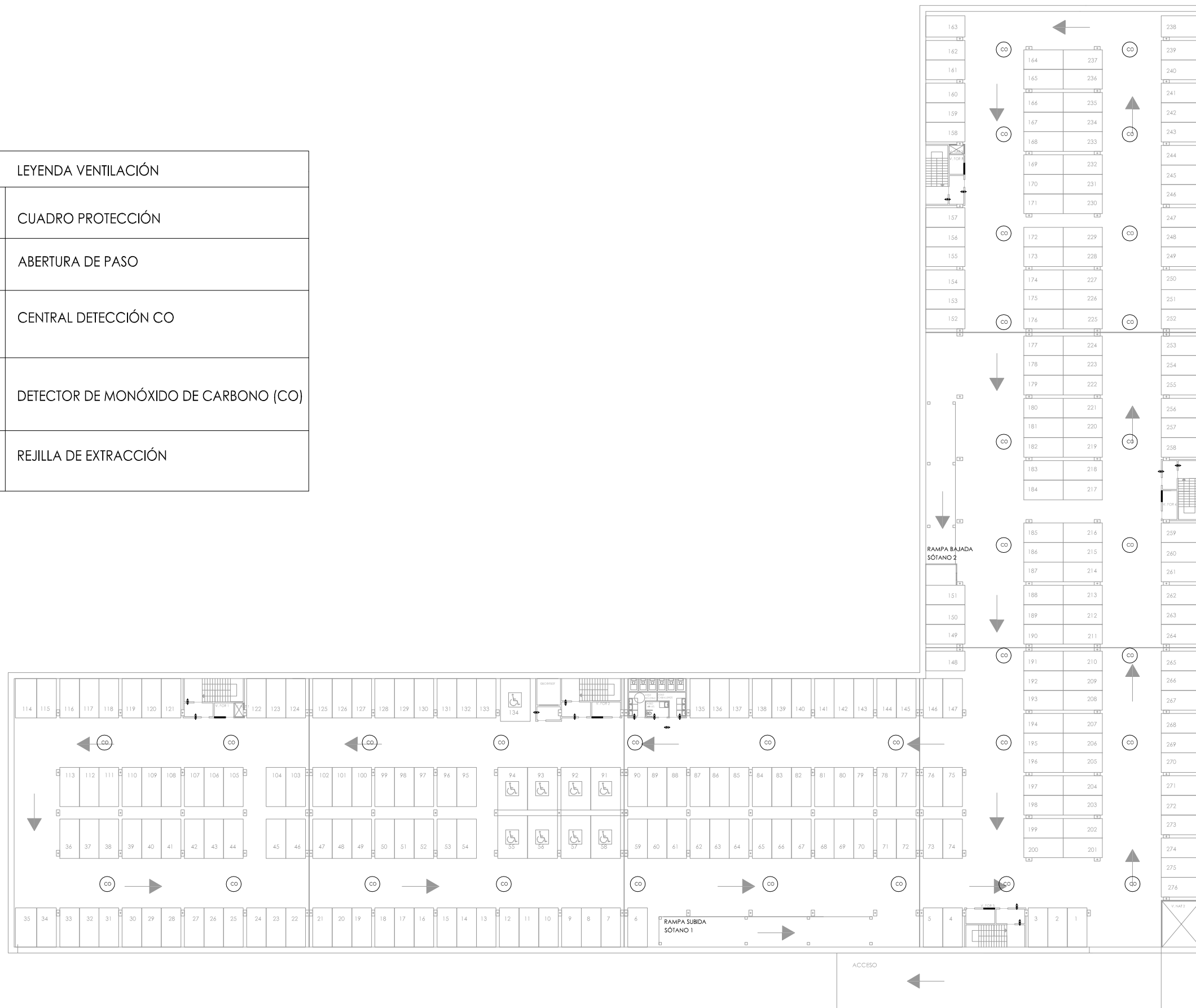


Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: 3.3.1 COTAS S-1	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/500
	Plano: 3.3.1

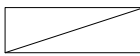






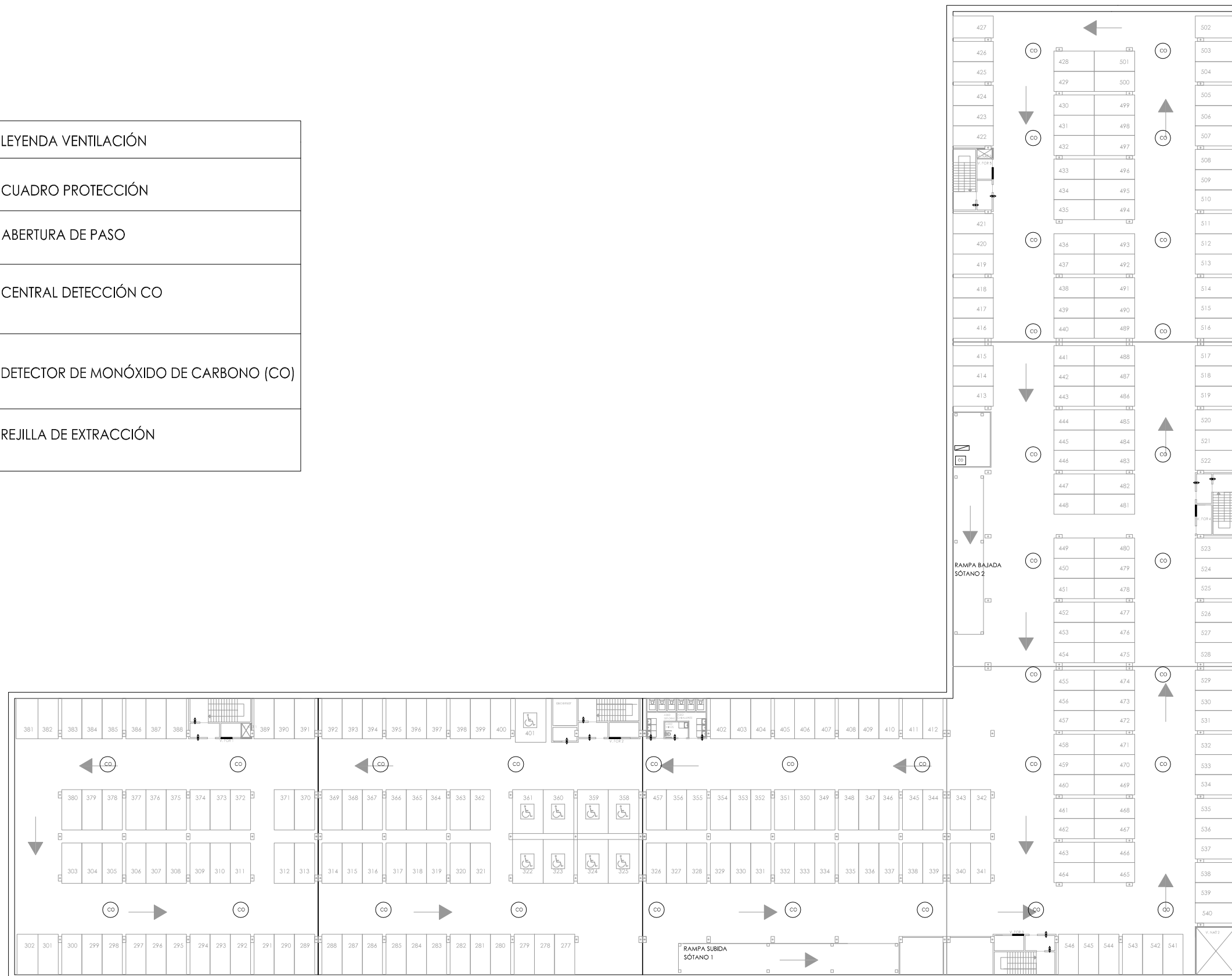
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: 3.3.2 COTAS S-2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/500
	Plano: 3.3.2

LEYENDA VENTILACIÓN	
	CUADRO PROTECCIÓN
	ABERTURA DE PASO
	CENTRAL DETECCIÓN CO
	DETECTOR DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)
	REJILLA DE EXTRACCIÓN
















Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: 3.4.1 VENTILACIÓN S-1	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/500
	Plano: 3.4.1

LEYENDA VENTILACIÓN	
	CUADRO PROTECCIÓN
	ABERTURA DE PASO
	CENTRAL DETECCIÓN CO
	DETECTOR DE MONÓXIDO DE CARBONO (CO)
	REJILLA DE EXTRACCIÓN
















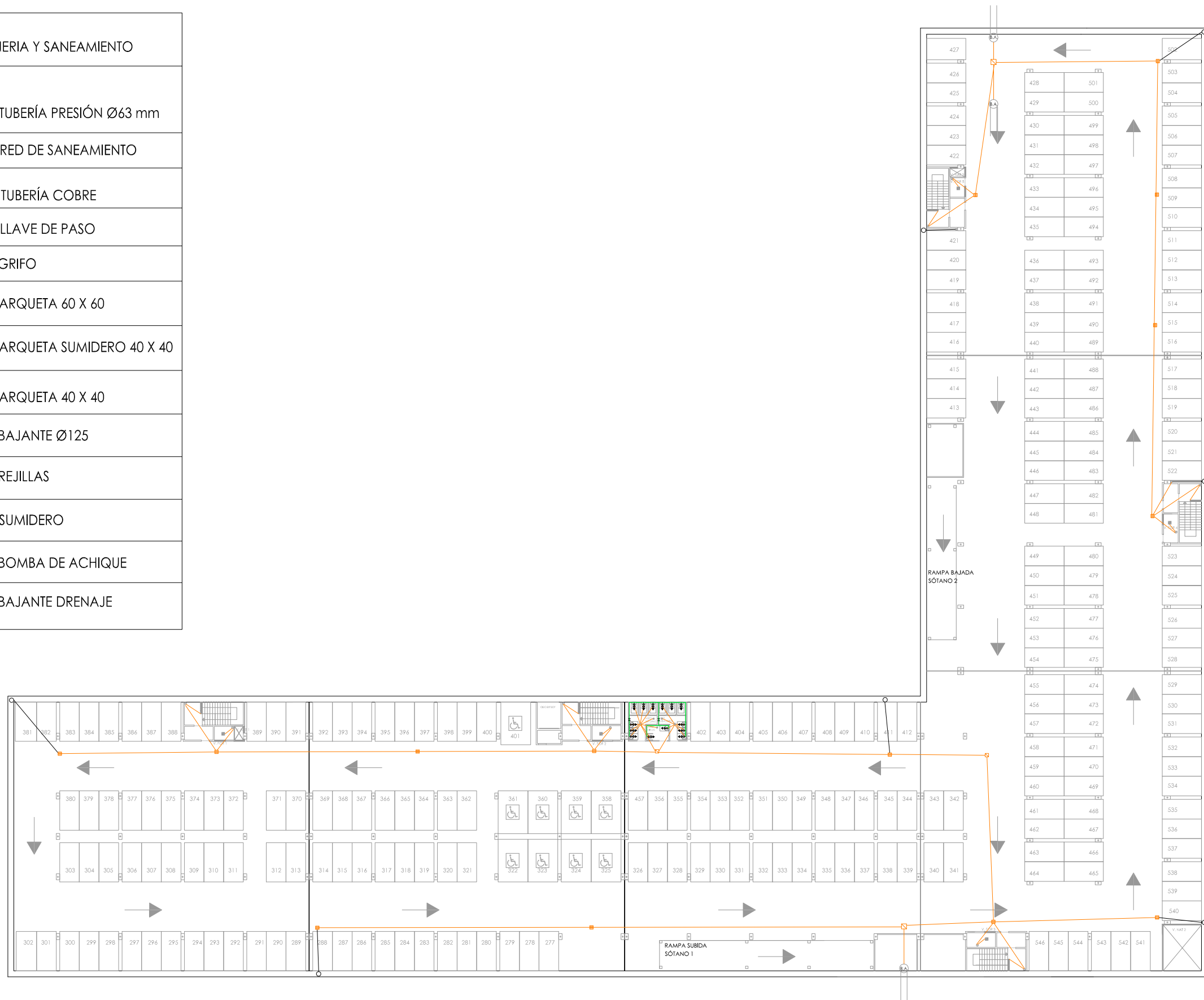
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: 3.4.2 VENTILACIÓN S-2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/500
	Plano: 3.4.2

LEYENDA FONTANERIA Y SANEAMIENTO	
	TUBERÍA PRESIÓN Ø63 mm
	RED DE SANEAMIENTO
	TUBERÍA COBRE
	LLAVE DE PASO
	GRIFO
	ARQUETA 60 X 60
	ARQUETA SUMIDERO 40 X 40
	ARQUETA 40 X 40
	BAJANTE Ø125
	REJILLAS
	SUMIDERO
	BOMBA DE ACHIQUE
	BAJANTE DRENAJE



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: 3.5.1 FONTANERÍA S-1	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/500
	Plano: 3.5.1

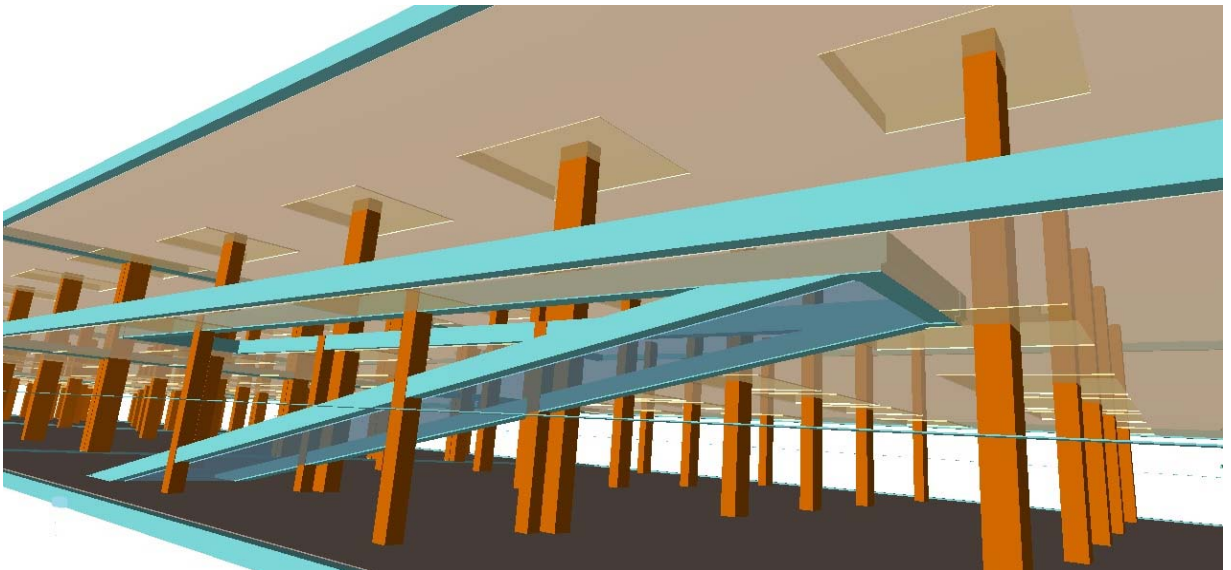
LEYENDA FONTANERIA Y SANEAMIENTO	
	TUBERÍA PRESIÓN Ø63 mm
	RED DE SANEAMIENTO
	TUBERÍA COBRE
	LLAVE DE PASO
	GRIFO
	ARQUETA 60 X 60
	ARQUETA SUMIDERO 40 X 40
	ARQUETA 40 X 40
	BAJANTE Ø125
	REJILLAS
	SUMIDERO
	BOMBA DE ACHIQUE
	BAJANTE DRENAJE



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: 3.5.2 FONTANERÍA S-2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/500
	Plano: 3.5.2

4

ESTRUCTURA



4. ESTRUCTURA

4.1 ESTRUCTURA PREVIA

Según el documento base, la estructura para el aparcamiento es de hormigón armado in situ. Dicha estructura está formada por líneas de soportes dispuestas en sentido sensiblemente paralelo a los lados de mayor dimensión del aparcamiento.

Verticalmente la estructura se define por dos forjados con una altura libre entre ellos de 3.65 metros, que apoyan en pilares rectangulares de hormigón armado. El forjado superior o de cubierta del aparcamiento, nace a una profundidad de 100 cm. desde la rasante del aparcamiento superior a cielo abierto. Todos los forjados son de tipo reticular con 33 cm. de canto total e interejes de 0.8 m en ambas direcciones, con aligeramientos formados por casetones recuperables, preparados para soportar una sobrecarga de uso de 2 KN/m² según las normativas.

El recinto del vaso ocupado por el aparcamiento está delimitado perimetralmente por un muro de hormigón armado de 30cm. de espesor aproximado. En cuanto a la cimentación, es superficial a base de zapatas rígidas y aisladas de hormigón armado, convenientemente arriostradas, de las que nacen los pilares.

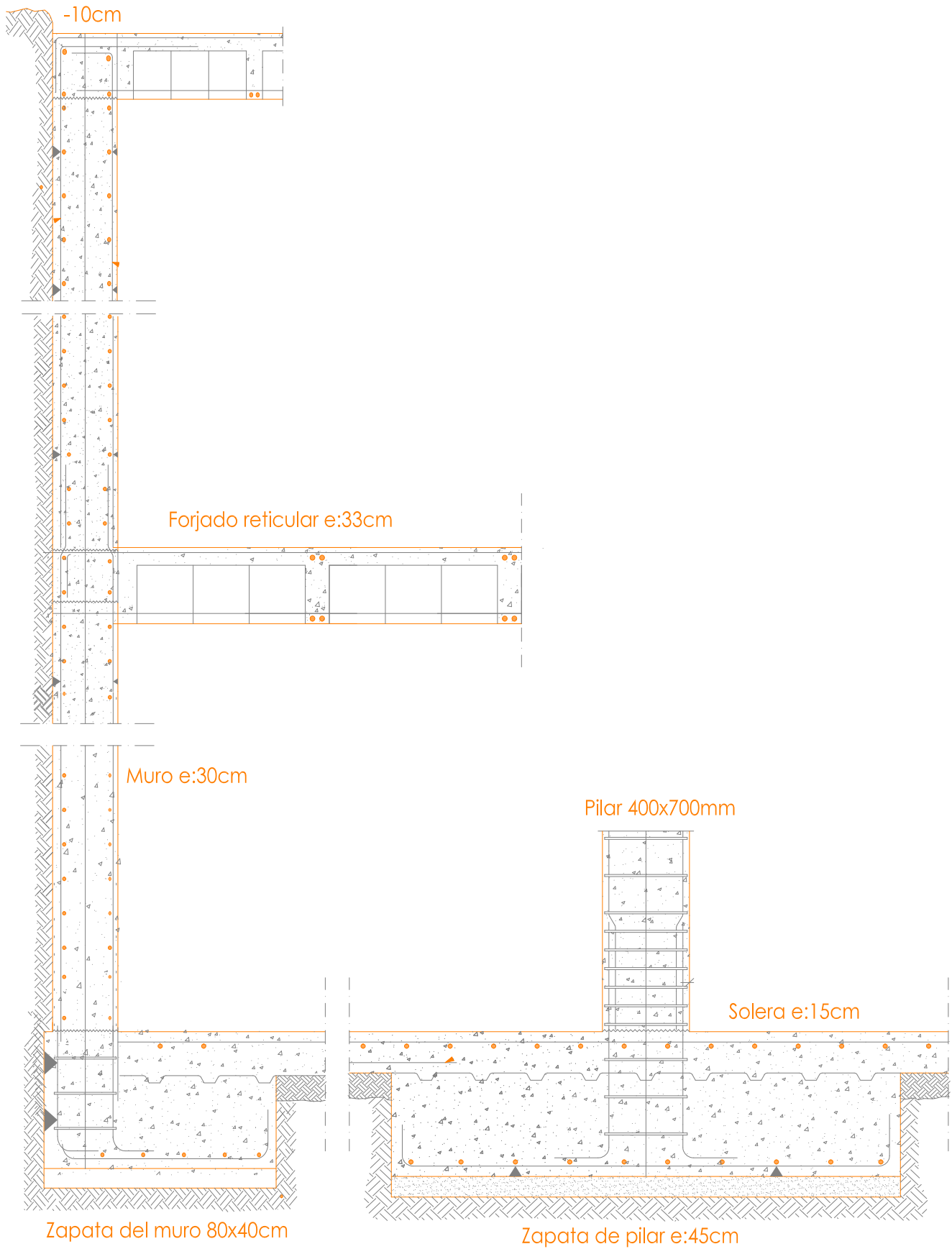
Horizontalmente aparecen cinco juntas de dilatación que dividen el aparcamiento en cinco zonas independientes. Las juntas de dilatación se disponen sensiblemente paralelas a los lados mayores en la zona central del aparcamiento.

Sobre el nivel de cimentación se extiende una solera de hormigón de 15 cm sobre un enchachado de machaca de otros 15 cm. Esta solera dispone de una ligera pendiente que facilita la recogida de aguas en los pozos en caso de posible inundación. Las aguas son transportadas por una red de saneamiento hasta los puntos de bombeo a la red general. En el plano 4.1. Sección de elementos constructivos, puede verse la composición de estos, y en la siguiente tabla, las características:

Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
 GARAJE PUBLICO UNIVERSIDAD JAUME I

ELEMENTO ESTRUCTURAL	UBICACION	DIMENSIONES	HORMIGON	ACERO	
				Tipo	Cuántía
Cimentación	Zapatatas	Variable	HA-25/B/20/IIIa	B500S	34.6 kg/m ³
	Solera	e=15cm	HA-25/B/20/IIIa		
Muro de sótano	Forjado 1	e=30cm	HA-25/B/20/IIIa	B500S	109.2 kg/m ³
	Forjado 2				70.9 kg/m ³
Losa	Escalera	e=23cm	HA-25/P/20/IIIa	B500S	39.50 kg/m ²
	Rampas	e=30cm	HA-25/B/20/IIIa	B500S	65 kg/m ²
Vigas	Forjado 1 - 2	40x35cm o 30x35cm	HA-25/B/20/IIIa	B500S	226.4 kg/m ²
	Auxiliares	30x30cm			81.8 kg/m ³
Pilares	Pilares	40x70cm o 70x40cm	HA-25/B/20/IIIa	B500S	70.2 kg/m ³
	Forjado 1	e=35cm	HA-25/B/20/IIIa (0.201 m ³ /m ²)		B500S
Forjado	Forjado 2	e=35cm	HA-25/B/20/IIIa (0.2 m ³ /m ²)	B500S	28.6 kg/m ²

Tabla 2. Resumen estructura previa



4.2 RECÁLULO DE LA ESTRUCTURA:

Para poder optimizar la estructura se ha realizado un recálculo de esta y así poder obtener los esfuerzos que reciben los elementos estructurales necesarios para el cálculo de la resistencia al fuego.

Uno de los elementos modificados es la cimentación. Previamente se componía de zapatas y solera, ahora, se compone de una losa de hormigón armado HA-25/B/20/IIa de 25 centímetros de espesor, pues es la mejor solución para un nivel freático alto, y para aquellos casos en los que la capacidad portante del terreno está comprendida entre 0.5 y 1kg/cm². Como este garaje carece de estudio geotécnico y se ha tomado como capacidad portante del terreno 1kg/cm², se modifica la cimentación, la cual contiene las características de la tabla 3.

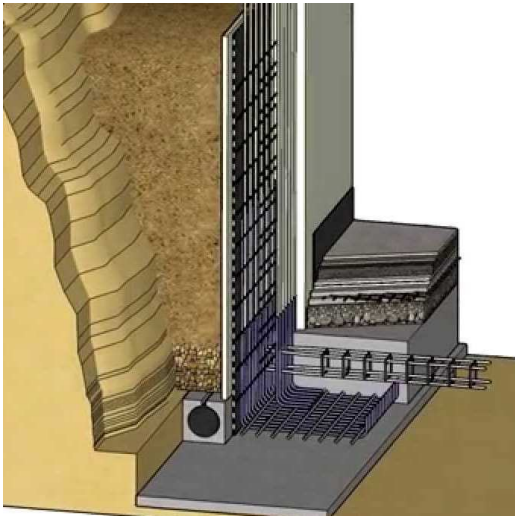
Otra modificación es el espesor del muro de sótano, el cual era de 30cm y se ha cambiado a 25cm, pues estructuralmente cumple. Además, se introduce en este nuevo cambio, un tubo drenante, una lámina impermeabilizante y otra geotextil. Ahora, el arranque del muro se realiza desde la losa de cimentación, como se puede apreciar en la tabla 4.

Por incongruencias entre la memoria y el presupuesto del documento base, los cuales uno designaba un forjado reticular de casetones recuperables, y el otro un forjado reticular de casetones perdidos, se modifica el forjado a este último, ya que estos cumplen mejor la resistencia a fuego, quedando con las características recogidas en la tabla 5.

LOSA DE CIMENTACION	CARACTERISTICAS
	Espesor: 25cm Hormigón: HA-25/B/20/IIa Hormigón de limpieza: HL-150/B/20 Impermeabilización LBM(SBS)-40/FP(160) Filtro de poliéster reforzado de 160 g/m Reacción al fuego clase E Armadura acero B500S: - Ø12:

Tabla 3. Tabla resumen cimentación

MURO DE SOTANO CARACTERISTICAS



- Espesor: 25cm
 - Altura: 3.65m/planta
 - Hormigón HA-25/B/20/IIa
 - Capa drenante PEAD/HDPE
 - Resistencia a compresión 150kN/m²
 - Capacidad drenante 5l/(s*m)
 - Masa nominal 0.5kg/m²
 - Fijaciones mecánicas
 - Remate superior con perfil metálico
- Armadura acero B500S:
Ø12
Ø16

Tabla 4. Tabla resumen muro de sótano

FORJADO



- Armadura acero B500S:
Ø10
- Casetones EPS 60x60x26.5cm
- Espesor: 30+5cm
- Altura: 3.65m/planta
- Hormigón HA-25/B/20/IIa
- Mallazo ME 20x20 ø5-5 B500T 6x2.20

Tabla 5. Tabla resumen forjado

Las vigas y pilares no se han modificado respecto del proyecto original, y se recogen sus características en la siguiente tabla:

ELEMENTO ESTRUCTURAL	UBICACION	DIMENS.	HORMIGON	ACERO	
				Tipo	Cuantía
Cimentación	Losa Cim.	e=25cm	HA-25/B/20/Ila		
Muro de sótano	Ciment.	e=25cm	HA-25/B/20/Ila	B500S	109.2 kg/m ³
	Forjado 2				70.9 kg/m ³
Losa	Escalera	e=23cm	HA-25/P/20/Ila	B500S	39.50 kg/m ²
	Rampas	e=30cm	HA-25/B/20/Ila	B500S	65 kg/m ²
Vigas	Forjados	40x35cm ó 30x35cm	HA-25/B/20/Ila	B500S	226.4 kg/m ²
	Auxiliares	30x30cm			81.8 kg/m ³
Pilares	Pilares	40x70cm ó 70x40cm	HA-25/B/20/Ila	B500S	70.2 kg/m ³
	Forjado 1	e=35cm	HA-25/B/20/Ila (0.201m ³ /m ²)	B500S	8.4 kg/m ²
Forjado	Forjado 2	e=35cm	HA-25/B/20/Ila (0.2 m ³ /m ²)	B500S	28.6 kg/m ²

Tabla 6. Resumen estructura

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

A continuación, se desarrollan las características de los materiales empleados para poder analizar más tarde si son o no los más adecuados:

4.3.1 HORMIGONES:

El hormigón más empleado es él HA-25/B/20/Ila, siendo su designación determinada por la EHE-08.

CLASE DE EXPOSICION

“ El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas al que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.” EHE 08

Existen dos tipos de exposición, la general, que se refiere a procesos relacionados con la corrosión de las armaduras, y la específica, que se refiere a otros procesos de deterioro del hormigón, como puede ser ataques químicos o por sales.

En este proyecto, el hormigón solo presenta clase de exposición general Ila, establecida por la EHE 08, para elementos estructurales en sótanos no ventilados, y cimentaciones.

Según su clase de exposición, se puede determinar el tipo de cemento necesario (tabla A4.5 EHE08), siendo este CEMII.

RESISTENCIA MINIMA DEL HORMIGÓN

Los valores determinados reflejan las resistencias que pueden esperarse con carácter general, cuando se empleen áridos de buena calidad, a los 28 días. La tabla 37.3.2.b de la EHE08 establece estos valores, dejándolos en función del tipo de hormigón (pretensado, en masa o armado) y de la clase de exposición. Para un hormigón armado con clase de exposición Ila determina una resistencia mínima de 25 N/mm²

CONSISTENCIA DEL HORMIGON

La consistencia del hormigón indica la docilidad de este, y caracteriza la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse de forma específica. Para hormigones destinados a edificación la mejor consistencia es la blanda, que se determina por medio de ensayos, entre ellos, el cono de abrams.

Este método de ensayo se realiza colocando el hormigón dentro de un cono, se rellena y se compacta en 3 capas, se enrasa, se eleva el molde y se mide el descenso del hormigón. Para una consistencia blanda, el asiento debe estar entre 6 y 9 cm.

TAMAÑO MAXIMO DEL ARIDO

El tamaño máximo del árido viene determinado según la posición de las armaduras. Prácticamente, en la mayor parte de la estructura las barras de acero van colocadas a un ángulo mayor a 45 grados, siendo la fórmula para obtenerlo $D=0.8x$.

El recubrimiento de la estructura, se determina mediante la clase de exposición, el tipo de cemento, resistencia característica del hormigón y la vida útil de la estructura. (Tabla 37.2.4.1.a EHE 08) siendo el resultado mínimo 25mm, aunque para este proyecto se emplean 30mm.

Aplicándose la formula se obtiene un tamaño máximo del árido $D=20$

4.3.2 ACERO:

En todos los elementos estructurales se utiliza el acero B500S, y para la capa de compresión del forjado y de la losa se utiliza B500T en el mallazo.

B: Aceros para hormigón armado

500: Fy. Tensión del límite elástico del acero en N/mm² y corrugas no paralelas.

S: Barras corrugadas no simétricas

T: Alambre

El acero B500S se utiliza como armadura para la estructura y sus diámetros más empleados tienen las siguientes características:

\varnothing	Area (mm ²)	Peso (kg/m)	Capacidad mecánica (kN)	Limite elástico f_y	Alargam. de rotura (ϵ %)
10	78.5	0.617	27.3		
12	113	0.888	49.1		
16	201	1.58	87.4	500	12
20	314	2.47	136.5		

Tabla 7. Características de las armaduras

Las mallas electrosoldadas son armaduras formadas por la disposición de barras corrugadas o alambres corrugados, longitudinales y transversales, de diámetro nominal igual o diferente, que se cruzan entre si perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura.

ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20

20x20 Separación entre alambres, longitudinal y transversal.
Ø 5-5 Diámetros nominales de los alambres
6x2,20 Dimensiones del mallazo.

4.3.3 OTROS:

Otros materiales empleados son láminas bituminosas, utilizada en la losa de cimentación adherida al soporte mediante soplete y su designación es:

LBM(SBS)-40/FP(160)

LBM: Lamina de betún modificado con elastómeros

SBS: Caucho

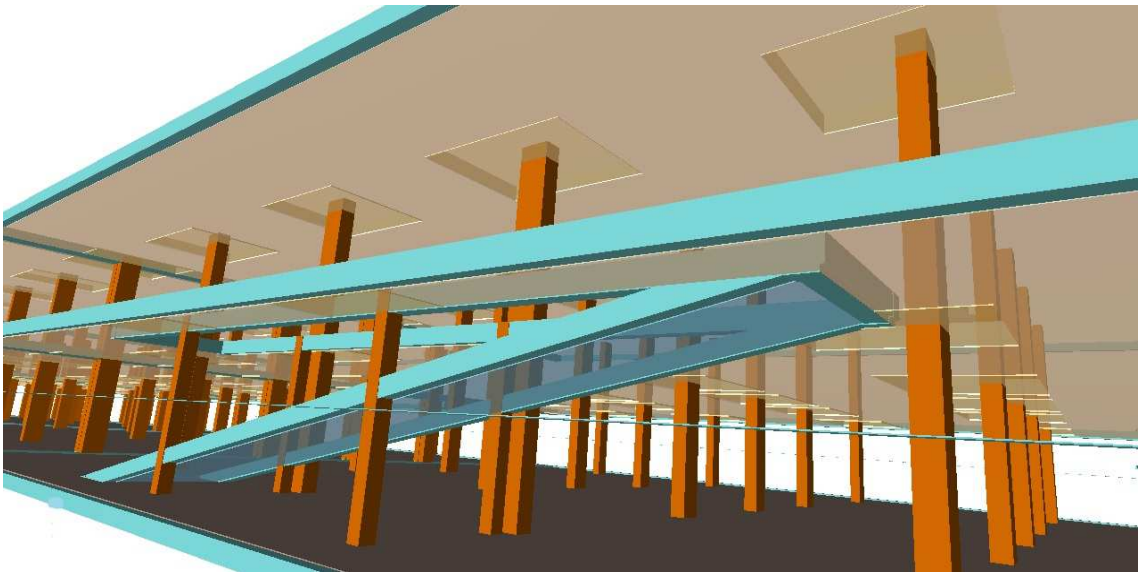
FP(160): Armadura de no-tejido de fieltro de poliéster de 160g/m²

40: masa nominal 4 kg/m²

También existe una lámina drenante nodular de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), con nódulos de 8 mm de altura, resistencia a la compresión 150 kN/m² según UNE-EN ISO 604, capacidad de drenaje 5 l/(s·m) y masa nominal 0,5 kg/m², sujeta al muro mediante fijaciones mecánicas, y rematado superiormente con perfil metálico.

5

INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS



5. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

La instalación contra incendios tiene como función reducir el riesgo de que los usuarios situados dentro del edificio sufran daños debidos a un incendio. El fuego, o como técnicamente se nombra, combustión, es un conjunto de reacciones químicas de oxidación, es decir, la combinación del oxígeno del aire con otros productos, materiales o sustancias. Para que este se produzca deben de aparecer los tres factores indispensables, que juntos forman el conocido triángulo de fuego, siendo los componentes:

- Combustible: Toda sustancia capaz de reaccionar con el comburente en una reacción rápida.
- Comburente: Agente oxidante que reacciona con el combustible, siendo de normal el oxígeno.
- Energía de activación: Energía mínima en forma de calor, necesaria para que el combustible y el comburente inicien la reacción química.



Fotografía 6. Triángulo de fuego

Los incendios dentro de edificios están compuestos por cuatro fases:

- FASE 1: INICIACION DEL INCENDIO: Fase en la que se inicia la combustión y que dura mínimo unos pocos segundos y máximo cinco minutos.
- FASE 2: PROPAGACIÓN DEL INCENDIO: Fase en la que se genera gran cantidad de calor, llamas y gases, y que puede llegar a alcanzarse hasta 800°C. Su duración aproximada es de diez minutos posterior a la fase uno.
- FASE 3: COMBUSTION GENERALIZADA: Fase en la que se produce la inflamación de los gases situados lejos del foco inicial, lo que genera su propagación por todo el recinto.
- FASE 4: AGOTAMIENTO: Fase en la que se produce el enfriamiento una vez apagado el incendio.

Para conseguir apagar el incendio, debe de eliminarse uno de los tres elementos del triángulo de fuego.

- DILUCION: Para la eliminación del combustible. Es el método menos utilizado pues consiste en retirar los productos que están ardiendo.
- SOFOCACIÓN: Para la eliminación del comburente. Consiste en que se desplace el oxígeno mediante una concentración de gas inerte.
- ENFRIAMIENTO: Para la eliminación de la energía de activación. Es el método más empleado, pues consiste en reducir la temperatura lanzando agua sobre las superficies calientes.

En la edificación se deben de tomar las medidas necesarias para evitar los incendios, empleando un correcto diseño constructivo, usando materiales adecuados y realizando un mantenimiento óptimo de las instalaciones. En ninguno de los casos se puede descartar la posibilidad de que exista un incendio real, y menos en un garaje público, donde se almacenan vehículos con combustible. Es por esto que se toman las medidas oportunas para cumplir los objetivos marcados en el Código técnico:

“La seguridad en caso de incendio consiste en reducir el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento”.

Es por esto, que en los apartados siguientes se analizan las premisas del documento básico de seguridad en caso de incendios, y se dividen en los siguientes capítulos:

- Propagación interior
- Evacuación de los ocupantes
- Instalación de protección contra incendios

5.1 PROPAGACIÓN INTERIOR

5.1.1 COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO

Lo primero que señala el código técnico, es establecer sectores de incendios, dependiendo de los usos recogidos en la tabla 1.1 Condiciones de compartimentación en sectores de incendios (Tabla 8). Para el uso aparcamiento, establece que formará un sector diferenciado cuando se sitúe en un edificio de otro uso y la comunicación deberá hacerse mediante un vestíbulo de independencia. La sectorización tiene la finalidad de delimitar y aislar espacios con la finalidad de evitar la propagación del fuego.

<i>Aparcamiento</i>	Debe constituir un <i>sector de incendio</i> diferenciado cuando esté integrado en un edificio con otros usos. Cualquier comunicación con ellos se debe hacer a través de un <i>vestíbulo de independencia</i> . Los <i>aparcamientos robotizados</i> situados debajo de otro uso estarán compartimentados en sectores de incendio que no excedan de 10.000 m ³ .
---------------------	---

TABLA 8. Tabla 1.1 Sección 1 DB SI

El garaje compone un único sector de incendio con locales de riesgo especial, como la sala de máquinas de ascensores y la sala de grupo electrógeno, ambos de riesgo bajo, según la tabla 2.1 Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en el edificio, del código técnico (tabla 9).

Uso previsto del edificio o establecimiento - Uso del local o zona	Tamaño del local o zona S = superficie construida V = volumen construido		
	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
En cualquier edificio o establecimiento:			
- Talleres de mantenimiento, almacenes de elementos combustibles (p. e.: mobiliario, lencería, limpieza, etc.) archivos de documentos, depósitos de libros, etc.	100<V≤200 m ³	200<V≤400 m ³	V>400 m ³
- Almacén de residuos	5<S≤15 m ²	15<S≤30 m ²	S>30 m ²
- Aparcamiento de vehículos de una vivienda unifamiliar o cuya superficie S no exceda de 100 m ²	En todo caso		
- Cocinas según potencia instalada P ⁽¹⁾⁽²⁾	20<P≤30 kW	30<P≤50 kW	P>50 kW
- Lavanderías. Vestuarios de personal. Camerinos ⁽³⁾	20<S≤100 m ²	100<S≤200 m ²	S>200 m ²
- Salas de calderas con potencia útil nominal P	70<P≤200 kW	200<P≤600 kW	P>600 kW
- Salas de máquinas de instalaciones de climatización (según Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios, RITE, aprobado por RD 1027/2007, de 20 de julio, BOE 2007/08/29)	En todo caso		
- Salas de maquinaria frigorífica: refrigerante amoníaco refrigerante halogenado	P≤400 kW	En todo caso P>400 kW	
- Almacén de combustible sólido para calefacción	S≤3 m ²	S>3 m ²	
- Local de contadores de electricidad y de cuadros generales de distribución	En todo caso		
- Centro de transformación			
- aparatos con aislamiento dieléctrico seco o líquido con punto de inflamación mayor que 300°C	En todo caso		
- aparatos con aislamiento dieléctrico con punto de inflamación que no exceda de 300°C y potencia instalada P:			
total	P≤2 520 kVA	2520<P≤4000 kVA	P>4 000 kVA
en cada transformador	P≤630 kVA	630<P≤1000 kVA	P>1 000 kVA
- Sala de maquinaria de ascensores	En todo caso		
- Sala de grupo electrógeno	En todo caso		

TABLA 9. Tabla 2.1 Sección 1 DB SI

En el plano 5.1 Sectores de compartimentación de incendios, se muestran grafados cada uno de los sectores/zonas de riesgo.

RESISTENCIA EN TECHOS, PAREDES Y PUERTAS:

La tabla 1.2 Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio (Tabla 10) designa una resistencia al fuego para estos elementos de EI120, para aparcamientos en plantas bajo rasante. En este caso, deberán cumplir esta resistencia las paredes que delimitan el sector de incendios con los locales de riesgo especial y los vestíbulos de independencia. Mientras que las puertas que los separan tendrán una clasificación EI_t-C5, siendo t la mitad del tiempo de la resistencia al fuego requerida en la pared, por lo que serán de EI₂₆₀-C5. Por otra parte, las puertas que delimitan los vestíbulos de independencia con las escaleras, tienen la misma designación, variando la dimensión t, siendo esta un cuarto del tiempo de la resistencia al fuego exigida, EI₂₃₀-C5.

Tabla 1.2 Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio ⁽¹⁾⁽²⁾

Elemento	Resistencia al fuego			
	Plantas bajo rasante	Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Paredes y techos ⁽³⁾ que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su uso previsto: ⁽⁴⁾				
- Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
- Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
- Comercial Pública Concurrencia Hospitalario	EI 120 ⁽⁵⁾	EI 90	EI 120	EI 180
- Aparcamiento ⁽⁶⁾	EI 120 ⁽⁷⁾	EI 120	EI 120	EI 120

Puertas de paso entre sectores de incendio EI_t-C5 siendo t la mitad del tiempo de resistencia al fuego requerido a la pared en la que se encuentre, o bien la cuarta parte cuando el paso se realice a través de un vestíbulo de independencia y de dos puertas.

TABLA 10. Tabla 2.1 Sección 1 DB SI

Las puertas EI₂₆₀-C5 y EI₂₃₀-C5 que se instalan están compuestas por 2 planchas de acero galvanizado lacado en blanco, con protección antifinger de 0.7mm de espesor, ensambladas sin soldadura. La protección antifinger es una imprimación incolora que favorece a la resistencia de oxidación. En el interior de la hoja se alberga una combinación de materiales aislantes ignífugos.

El sistema de cierre está compuesto por un cierre automático y apertura en sentido de la evacuación, por medio de barra antipánico para accionamiento rápido. La puerta va sujeta a un marco que está perfilado con acero galvanizado y la misma protección, de 1.5mm de espesor.

Las paredes que delimitan el sector de incendio deben cumplir lo establecido en el ANEJO F de esta misma norma (tabla 11), por lo que se realizan con ladrillo hueco de 300x150x70mm con una clasificación al fuego A1,y guarnecido a base de pasta de yeso en una cara, de 15mm de espesor, lo cual suma un espesor de 85mm (70+15mm)

Tabla F.1. Resistencia al fuego de muros y tabiques de fábrica de ladrillo cerámico o silico-calceo

Tipo de revestimiento	Espesor e de la fábrica en mm							
	Con ladrillo hueco			Con ladrillo macizo o perforado		Con bloques de arcilla aligerada		
	40 ≤ e < 80	80 ≤ e < 110	e ≥ 110	110 ≤ e < 200	e ≥ 200	140 ≤ e < 240	e ≥ 240	
Sin revestir	(1)	(1)	(1)	REI-120	REI-240	(1)	(1)	
Enfoscado	Por la cara expuesta	(1)	EI-60	EI-90	EI-180	REI-240	EI-180	EI-240
	Por las dos caras	EI-30	EI-90	EI-120	REI-180	REI-240	REI-180	REI-240
	Por la cara expuesta	EI-60	EI-120	EI-180	EI-240	REI-240	EI-240	EI-240
Guarnecido						EI-240		
	Por las dos caras	EI-90	EI-180	EI-240	EI-240	REI-240	RE-240	REI-240

(1) No es usual

TABLA11. Tabla F.1 Anejo F DB SI

5.1.2 REACCIÓN AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, DECORATIVOS Y DE MOBILIARIO

Los elementos constructivos deben cumplir la reacción al fuego exigida en la tabla 4.1 Clase de reacción al fuego de los elementos constructivos (Tabla 12), dependiendo del uso donde se encuentren.

Tabla 4.1 Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos

Situación del elemento	Revestimientos (1)	
	De techos y paredes (2)(3)	De suelos (2)
Zonas ocupables (4)	C-s2,d0	E _{FL}
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d0	C _{FL} -s1
Aparcamientos y recintos de riesgo especial (6)	B-s1,d0	B _{FL} -s1
Espacios ocultos no estancos, tales como patinillos, falsos techos y suelos elevados (excepto los existentes dentro de las viviendas) etc. o que siendo estancos, contengan instalaciones susceptibles de iniciar o de propagar un incendio.	B-s3,d0	B _{FL} -s2 (d)

- (1) Siempre que superen el 5% de las superficies totales del conjunto de las paredes, del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del recinto considerado.
- (2) Incluye las tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican sin recubrimiento resistente al fuego. Cuando se trate de tuberías con aislamiento térmico lineal, la clase de reacción al fuego será la que se indica, pero incorporando el subíndice L.
- (3) Incluye a aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida por una capa que sea EI 30 como mínimo.
- (4) Incluye, tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas. Excluye el interior de viviendas. En uso Hospitalario se aplicarán las mismas condiciones que en pasillos y escaleras protegidos.
- (5) Véase el capítulo 2 de esta Sección.
- (6) Se refiere a la parte inferior de la cavidad. Por ejemplo, en la cámara de los falsos techos se refiere al material situado en la cara superior de la membrana. En espacios con clara configuración vertical (por ejemplo, patinillos) así como cuando el falso techo esté constituido por una celosía, retícula o entramado abierto, con una función acústica, decorativa, etc., esta condición no es aplicable.

Tabla 12. Tabla 4.1 Sección 1 DB SI

Tanto para los pasillos y escaleras, como para el aparcamiento y recintos de riesgo especial, se exige a las paredes y techos una reacción al fuego B-s1,d0, es decir, se les exige un grado de inflamabilidad baja, donde B hace referencia a la reacción al fuego, s1 a la emisión de humos y d0 a la emisión de partículas inflamadas o en combustión, mientras que a los suelos B_{FL}-s1, siendo S1 una opacidad media de humos producidos, y para las escaleras C_{FL}-s1, siendo C_{FL} combustible con contribución limitada al fuego.

5.2 EVACUACION DE LOS OCUPANTES

El documento básico de seguridad en caso de incendio, en su sección 3 determina el cálculo de la ocupación, número de salidas y medios de evacuación, para asegurar el camino de huida de los ocupantes de una manera segura y rápida, sin obstáculos y suficientemente iluminado, señalizado y protegido.

5.2.1 CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN:

Para calcular la ocupación debe tomarse los valores de la densidad de ocupación que se establecen en la tabla 2.1 Densidad de ocupación (Tabla 13). Para obtener la ocupación debe tenerse en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las diferentes zonas que lo componen.

Tabla 2.1. Densidades de ocupación ⁽¹⁾

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m ² /persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc. Aseos de planta	Ocupación nula 3
Residencial Vivienda	Plantas de vivienda	20
Residencial Público	Zonas de alojamiento Salones de uso múltiple Vestibulos generales y zonas generales de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	20 1 2
Aparcamiento ⁽²⁾	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc. En otros casos	15 40

TABLA 13. Tabla 2.1 Sección 3 DB SI

De acuerdo con esta tabla, la ocupación de las zonas de aparcamientos no vinculados a horarios comerciales, espectáculos, oficinas... es de 40m²/persona, mientras que para los aseos es de 3m²/persona.

Uso previsto	Tipo de actividad	Ocupación (m ² /persona)	Superficie (m ²)	Ocupación (personas)
Cualquiera	Aseos de planta	3	30x2	20
Aparcamiento	No vinculado	40	6675x2	334
			TOTAL	354

TABLA 14. Cálculo evacuación de los ocupantes

Aplicando estos datos, el garaje tiene una ocupación de 354 personas.

5.2.2 NUMERO DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS

Para establecer el número de salidas y la longitud de los recorridos el código técnico establece la tabla 3.1 Números de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación, que pueden aumentarse un 25% cuando existan instalaciones automáticas de extinción. Estos recorridos de evacuación se miden por las calles de circulación de vehículos, sin atravesar ninguna plaza de aparcamiento.

Tabla 3.1. Número de salidas de planta y longitud de los recorridos de evacuación ⁽¹⁾

Número de salidas existentes	Condiciones
Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto respectivamente ⁽³⁾	<p>La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 35 m en zonas en las que se prevea la presencia de ocupantes que duermen, o en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria. - 75 m en espacios al aire libre en los que el riesgo de declaración de un incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc. <p>La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario o de la longitud máxima admisible cuando se dispone de una sola salida, en el resto de los casos.</p> <p>Si la altura de evacuación descendente de la planta obliga a que exista más de una salida de planta o si más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una altura de evacuación mayor que 2 m, al menos dos salidas de planta conducen a dos escaleras diferentes.</p>

TABLA 14. Tabla 3.1 Sección 3 DB SI

En el plano 5.2 Recorridos de evacuación pueden observarse los recorridos y la longitud de estos, siendo no superiores a 50 metros cada uno, ya que el garaje dispone de 5 salidas a planta. Además, los locales de riesgo especial tienen la condición según la tabla 2.2 Condiciones de las zonas de riesgo especial, de que la salida a planta tiene que ser menor o igual a 25m.

5.2.3 DIMENSIONADO DE LOS MEDIOS DE EVACUACION

El documento básico de seguridad en caso de incendio determina en la tabla 4.1 Dimensionado de los elementos de evacuación (Tabla 15) el cálculo del dimensionamiento de los elementos de evacuación.

Tabla 4.1 Dimensionado de los elementos de la evacuación

Tipo de elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P / 200$ ⁽¹⁾ $\geq 0,80$ m ⁽²⁾ La anchura de toda hoja de puerta no debe ser menor que 0,80 m, ni exceder de 1,23 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00$ m ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾
Pasos entre filas de asientos fijos en salas para público tales como cines, teatros, auditorios, etc. ⁽⁶⁾	En filas con salida a pasillo únicamente por uno de sus extremos, $A \geq 30$ cm cuando tengan 7 asientos y 2,5 cm más por cada asiento adicional, hasta un máximo admisible de 12 asientos. En filas con salida a pasillo por sus dos extremos, $A \geq 30$ cm en filas de 14 asientos como máximo y 1,25 cm más por cada asiento adicional. Para 30 asientos o más: $A \geq 50$ cm. ⁽⁷⁾ Cada 25 filas, como máximo, se dispondrá un paso entre filas cuya anchura sea 1,20 m, como mínimo.
Escaleras no protegidas ⁽⁸⁾	
para evacuación descendente	$A \geq P / 160$ ⁽⁹⁾
para evacuación ascendente	$A \geq P / (160-10h)$ ⁽⁹⁾
Escaleras protegidas	$E \leq 3 S + 160 A_S$ ⁽⁹⁾
Pasillos protegidos	$P \leq 3 S + 200 A$ ⁽⁹⁾
En zonas al aire libre:	
Pasos, pasillos y rampas	$A \geq P / 600$ ⁽¹⁰⁾
Escaleras	$A \geq P / 480$ ⁽¹⁰⁾

TABLA 15. Tabla 4.1 Sección 3 DB SI

PUERTAS:

Las puertas se abren en el sentido de la evacuación, siendo abatibles con eje de giro vertical, y un sistema de cierre automático y apertura por medio de barra antipánico para accionamiento rápido. La anchura de éstas viene determinada en función del número total de personas cuyo paso está previsto por el punto cuya anchura se dimensiona:

$$A \geq P/200 \geq 0,80m$$

Las puertas que se instalan tienen un ancho de 0,81m por lo que:

$$0,81 \geq \frac{P}{200} \rightarrow P = 162 \text{ personas}$$

Es decir, por cada salida, pueden evacuarse como máximo 162 personas. Sabiendo que existen 5 salidas por planta:

$$5 \text{ salidas} \times 162 \text{ personas/salida} = 810 \text{ personas}$$

Como se puede observar, con el número de salidas que se disponen hay suficiente para evacuar a toda la ocupación de este. Además, en caso de bloqueo de alguna de las salidas, sigue cumpliendo la normativa, puesto que la diferencia entre la ocupación y el número total de personas previstos para este ancho es de 465 personas, suponiendo que toda la ocupación se sitúe en la misma planta.

ESCALERAS

Las escaleras son especialmente protegidas, es decir, de trazado continuo desde su inicio hasta su salida al exterior, y que en caso de incendio los ocupantes del garaje puedan permanecer durante un tiempo determinado. Estas escaleras tienen que cumplir la condición recogida en la tabla 4.1 (Tabla 15) anterior:

$$E \leq 3S + 160A_s$$

Donde:

E es la suma de los ocupantes asignados a la escalera en la planta considerada más los de las plantas situadas por debajo.

$$E = 162 \text{ personas} + \left(\frac{\frac{354 \text{ personas}}{2 \text{ plantas}}}{5 \text{ salidas/planta}} \right) = 162 + 36 = 198 \text{ personas}$$

S es la superficie útil del recinto, o bien de la escalera protegida.

$$S = 12,48m^2$$

As es la anchura de la escalera protegida.

$$As = 1,30\text{metros}$$

$$E \leq 3S + 160A_s \rightarrow 198 \leq (3 \times 12,48) + (160 \times 1,30) \rightarrow 198 \leq 245,44$$

Por lo que las escaleras cumplen con lo establecido en el documento básico de seguridad en caso de incendio, pero no solo deben cumplir con este, si no que al ser protegidas deben cumplir lo establecido en el documento básico de seguridad de utilización, accesibilidad. Este documento, establece para escaleras de uso restringido un ancho de ámbito mínimo de 80cm, una huella de 22cm y contrahuella de 20cm. Además, todas las escaleras deben de llevar barandilla en sus lados abiertos. La capacidad de evacuación de estas, viene determinada en la tabla 4.2 Capacidad de evacuación de las escaleras en función de su anchura (Tabla 16), que es de 302 personas por escalera.

Como se ha dicho anteriormente, las puertas que abren paso a las escaleras están previstas para el paso de 162 personas, por lo que las escaleras cumplen para este ancho de puerta. Además, la ocupación por planta es de 177 personas, por lo que también cumple.

Tabla 4.2. Capacidad de evacuación de las escaleras en función de su anchura

Anchura de la escalera en m	Escalera no protegida		Escalera protegida (evacuación descendente o ascendente) ⁽¹⁾					
	Evacuación ascendente ⁽²⁾	Evacuación descendente	Nº de plantas					
			2	4	6	8	10	cada planta más
1,00	132	160	224	288	352	416	480	+32
1,10	145	176	248	320	392	464	536	+36
1,20	158	192	274	356	438	520	602	+41
1,30	171	208	302	396	490	584	678	+47
1,40	184	224	328	432	536	640	744	+52
1,50	198	240	356	472	588	704	820	+58
1,60	211	256	384	512	640	768	896	+64
1,70	224	272	414	556	698	840	982	+71
1,80	237	288	442	596	750	904	1058	+77
1,90	250	304	472	640	808	976	1144	+84
2,00	264	320	504	688	872	1056	1240	+92
2,10	277	336	534	732	930	1128	1326	+99
2,20	290	352	566	780	994	1208	1422	+107

TABLA16. Tabla 4.2 Sección 3 DB SI

5.2.4 CONTROL DEL HUMO DE INCENDIO

Para zonas de uso aparcamiento se instala un sistema de control de humos de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes, de forma que se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad.

El diseño, cálculo e instalación se realizan de acuerdo al documento básico de salubridad DB HS. Los sistemas de ventilación mecánicos tienen aberturas de admisión y extracción por cada 100m² útiles, siendo la distancia entre ellas no mayor a 10m, y situadas a 0,5 por debajo del forjado.

5.3 INSTALACION DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS

5.3.1 DOTACION DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS:

Según la sección 4 del DB SI, los edificios deben disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indican en la tabla 1.1 Dotación de instalaciones de protección contra incendios (Tabla 1) y su diseño, ejecución, puesta en funcionamiento y mantenimiento de estas, deben de cumplir lo establecido en el Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios y en las normas UNE.

Tabla 1.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios

Uso previsto del edificio o establecimiento	Condiciones
Instalación	
En general	
Extintores portátiles	Uno de eficacia 21A -113B: - A 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo <i>origen de evacuación</i> . - En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la Sección 1 ⁽¹⁾ de este DB.
Bocas de incendio equipadas	En zonas de riesgo especial alto, conforme al capítulo 2 de la Sección SI1, en las que el riesgo se deba principalmente a materias combustibles sólidas ⁽²⁾
Ascensor de emergencia	En las plantas cuya <i>altura de evacuación</i> exceda de 28 m
Hidrantes exteriores	Si la <i>altura de evacuación</i> descendente excede de 28 m o si la ascendente excede de 6 m, así como en <i>establecimientos</i> de densidad de ocupación mayor que 1 persona cada 5 m ² y cuya superficie construida está comprendida entre 2.000 y 10.000 m ² . Al menos un hidrante hasta 10.000 m ² de superficie construida y uno más por cada 10.000 m ² adicionales o fracción. ⁽³⁾
Instalación automática de extinción	Salvo otra indicación en relación con el uso, en todo edificio cuya <i>altura de evacuación</i> exceda de 80 m. En cocinas en las que la potencia instalada exceda de 20 kW en <i>uso Hospitalario</i> o <i>Residencial Público</i> o de 50 kW en cualquier otro uso ⁽⁴⁾ En centros de transformación cuyos aparatos tengan aislamiento dieléctrico con punto de inflamación menor que 300 °C y potencia instalada mayor que 1 000 kVA en cada aparato o mayor que 4 000 kVA en el conjunto de los aparatos. Si el centro está integrado en un edificio de uso Pública Concurrencia y tiene acceso desde el interior del edificio, dichas potencias son 630 kVA y 2 520 kVA respectivamente.
Aparcamiento	
Bocas de incendio equipadas	Si la superficie construida excede de 500 m ² ⁽⁷⁾ . Se excluyen los <i>aparcamientos robotizados</i> .
Columna seca ⁽⁵⁾	Si existen más de tres plantas bajo rasante o más de cuatro sobre rasante, con tomas en todas sus plantas.
Sistema de detección de incendio	En <i>aparcamientos</i> convencionales cuya superficie construida exceda de 500 m ² ⁽⁸⁾ . Los <i>aparcamientos robotizados</i> dispondrán de pulsadores de alarma en todo caso.
Hidrantes exteriores	Uno si la superficie construida está comprendida entre 1.000 y 10.000 m ² y uno más cada 10.000 m ² más o fracción. ⁽³⁾
Instalación automática de extinción	En todo <i>aparcamiento robotizado</i> .

TABLA 17. Tabla 1.1 Sección

Para que el edificio cumpla con la normativa se disponen los siguientes equipos de instalaciones de protección contra incendios:

SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS:

Los sistemas de detección de incendio tienen la función de detectar el incendio en el momento más pronto posible, y dar la señal de alarma a la central. Además, proporciona señales acústicas y visuales para avisar a los ocupantes del garaje.

Este sistema se diseña de manera que cumpla las siguientes funciones:

- Detección de humos y gases procedentes del fuego
- Recibir señales de alarma procedente de los pulsadores manuales
- Emitir señales acústicas y luminosas para alertar a los ocupantes

La instalación cuenta con:

- Detectores de humo: aparato de seguridad que detecta la presencia de humo en el garaje y emite una señal acústica alertando del peligro. El emplazamiento de estos, así como su área de efectividad pueden observarse en el plano 5.3.1 DETECTORES DE HUMO. Para este aparcamiento se instalan cada 60m², siendo un total:

$$6810 \text{ m}^2/\text{planta} : 60\text{ud}/\text{m}^2 = 114 \text{ unidades/planta}$$

- Pulsadores manuales de alarma: Situados próximos a las salidas y repartidos por toda la superficie, colocados a una altura no superior a 1,70 metros. Los pulsadores que se instalan son de identificación manual y están desarrollados y fabricados según la norma UNE 54-11:2000. Se instalan 20 unidades repartidas en las dos plantas. Su localización se puede observar en el plano 5.3.2 PULSADORES DE ALARMA.
- Detectores termovelocimétricos: Detectores térmicos, perfectos para cuando un incendio produce más calor que humo. La superficie máxima vigilada por estos detectores es de 30m², es por esto por lo que se instalan 227 unidades por planta:

$$6810 \text{ m}^2/\text{planta} : 30\text{ud}/\text{m}^2 = 227 \text{ unidades/planta}$$

La localización de estos se puede observar en el plano 5.3.3 DETECTORES TERMOVELOCIMETRICOS, al igual que su área de efectividad.

- Alarmas: Se sitúan en todo el aparcamiento, y se activan mediante la central, que es alertada por los detectores, o manualmente por los pulsadores. Se emplean detectores óptico-acústicos diseñados para alertar a los ocupantes, que proporcionan señales acústicas y ópticas.
- Central de incendios: Aparato que se encarga de mandar al resto de dispositivos que forman parte del sistema de detección de incendios. Se instala en este garaje para poder llevar a cabo el control y la gestión de las alarmas y sistemas de extinción y evacuación.

EXTINTORES:

Se instalan extintores, situados cada 15 metros aproximadamente, preparados para sofocar un incendio localizado y en su primera fase, es decir, cuando sea un fuego incipiente. Son de polvo químico seco, pues son los más adecuados cuando no se conoce el tipo de fuego que se puede originar, y además, son la única tipología capaz de apagar tres tipos de fuego distintos. En las zonas donde se sitúan los cuadros eléctricos se disponen extintores de CO₂, ya que este elemento no es conductor eléctrico.



Fotografía 8. Extintor ABC

Como se ha dicho, se sitúan cada 15 metros aproximadamente, donde exista mayor probabilidad de originarse un incendio, próximos a las salidas de las escaleras y en lugares de fácil visibilidad y acceso, de modo que no estorben ni estén expuestos a daños, puede verse su localización en el plano 5.3.4 EXTINTORES. Se colocan sobre soportes o paramentos, muros verticales o pilares, de forma que quede como mínimo a una altura de 1,20 metros y máximo 1,70 metros. El extremo inferior de un extintor portátil se encuentra a más de 10cm del suelo y cada extintor está señalizado, y colocado de forma que sea visible. Además, se colocan al lado de las bocas de incendio y de los pulsadores manuales. Se deben revisar periódicamente y se cargarán según las normas de los fabricantes.

Estos extintores cumplen los requisitos establecidos en la norma UNE 23110, siendo estos:

- Funcionan correctamente
- La descarga comienza antes de hayan transcurrido 10 segundos desde la abertura de la válvula de control.

Los extintores de CO₂ colocados en los cuadros eléctricos deben de tener una carga nominal por extintor de 30kg de CO₂, y una duración de expulsión de 27 segundos. Los extintores ABC, colocados por todo el garaje deben de tener una carga nominal de 100kg de polvo, teniendo una duración de expulsión de 60 segundos.

BOCAS DE INCENDIO:

Las bocas de incendio equipadas son un medio seguro de suministros de agua para apagar un incendio, que se colocan de tal manera que su radio de acción cubre la totalidad del garaje. Por eso, en el plano 5.3.5.2 AREA DE EFECTIVIDAD DE BIES puede verificarse que la manguera desplegada, más los 5 metros del chorro de agua cubren prácticamente toda la superficie. Se instalan 5 bocas de incendio de 25mm, es decir, la manguera tiene un diámetro de 25mm, con una longitud de 30 metros, proporcionando un caudal de:

$$Q = K \times \sqrt{P}$$

Siendo:

K el factor de descarga que indica la pérdida de carga del orificio de salida

Q el caudal en litros por minuto

P la presión en mega pascales

Según la norma UNE EN 671-1:

- La presión dinámica en punta de lanza será como mínimo de 3,5 kg/cm² (344 kPa) y como máximo de 5 kg/cm² (490 kPa).
- Los caudales mínimos serán de 1,6 l/s para bocas de 25 mm, y 3,3 l/s para bocas de 45 mm.
- Estas condiciones de presión y caudal se deberán mantener durante una hora, bajo la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos bocas hidráulicamente más desfavorables.

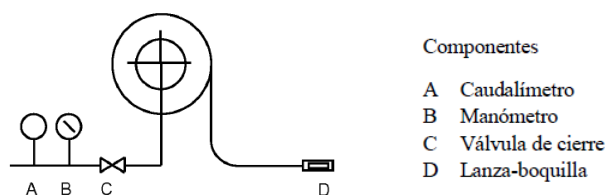
Es por estas condiciones, que las bocas de incendio que se instalan tienen un caudal de 1,6 litros/segundos.



Fotografía 9. Boca de incendio equipda

Estas se encuentran en un armario especial para protegerlas contra el deterioro y la acción fortuita o provocada. Estos armarios son de chapa de

acero pintada de rojo, con puerta de cristal serigrafía con el rótulo “Rómpase en caso de incendio”. Se coloca en paredes a una altura tal que, la boquilla se encuentre a 1 metro del suelo, para que en caso de emplearse, solo se deba abrir la válvula y el agua saldrá en forma de chorro.



Fotografía 10. Esquema instalación BIE

Las BIEs disponen de un aljibe que “deberá proporcionar durante una hora, como mínimo, en la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorables, una presión dinámica mínima de 2 bar en el orificio de salida de cualquier BIE” RD 1942/1993. Es por eso, que a continuación se realizan los cálculos para obtener las dimensiones del aljibe, y de las tuberías encargadas de transportar el agua a todas las bocas de incendio.

Cálculo de aljibe:

Como se ha dicho anteriormente, las bocas de incendio proporcionan como un caudal mínimo de 96l/minuto cada una, por lo que dos tendrán un caudal de:

$$Q = 96 \text{ litro/minuto} = 1,6 \text{ litros/segundo} \times 2 \text{ unidades} = 3,2 \text{ litros/segundo}$$

$$V_u = 60 \times Q \times t = 60 \times 3,2 \times 60 = 11520 \text{ litros} = 11,52 \text{ m}^3 = 12 \text{ m}^3$$

Donde:

Q= Caudal máximo simultaneo en l/segundo

T= Tiempo estimado en funcionamiento del caudal máximo en minutos (60 minutos)

El aljibe necesario para el cumplimiento de dicha norma es de 12m³, que se sitúa en la planta -2 y puede apreciarse en el plano 5.3.5.1 LOCALIZACIÓN BOCAS DE INCENDIO.

Cálculo de tuberías:

Para la instalación se emplea una única red general. Según el RD 1942/1993, la red debe de proporcionar, durante una hora como mínimo, durante la hipótesis de las dos BIES, una presión de 2 bar.

Para calcular la dimensión de las tuberías, se emplea la siguiente formula:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 3,2 \times 10^{-3}}{\pi \times 2,5}} = 0,04m$$

Donde:

Q= Caudal máximo simultaneo en l/segundo (200l/m = 3,33l/s)

V= Velocidad máxima de la manguera 2,5metros/segundos

Por lo que las tuberías principales tienen un diámetro de 1,62", mientras que las secundarias que conectan las BIEs con estas son de:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 1,6 \times 10^{-3}}{\pi \times 2,5}} = 0,028m = 1,1"$$

Para las tuberías DIN2240 estos diámetros no se comercializan, por lo que para tuberías de red principal se emplean las de diámetro 2" (0,05m) y para las derivaciones 1.1/4" (0,031m).

Estas tuberías producen una perdida lineal de carga por fricción que debe tenerse en cuenta aplicando la fórmula de Hazen-William, siendo esta:

$$h_l = \frac{10,665 \times Q^{1,85}}{C^{1,852}} - \frac{L}{D^{4,8705}}$$

Donde:

H es la perdida de carga lineal en m.c.a

C es el coeficiente de Hazen-William

L es la longitud de la tubería

Q es el caudal en m³/s

A estas pérdidas de carga hay que añadirles las producidas por cambios de dirección, derivaciones de red... que se calculan con la siguiente fórmula:

$$h_s = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

V es la velocidad del fluido, empleada anteriormente. 2,50m/s

G es la gravedad 9,81m/s²

K es el coeficiente adimensional, recogidos en la siguiente tabla:

Tipo	Valor de K
Válvula de retención	2
Válvula de compuerta	0,2
Codo a 90°	0,75
Codo a 45°C	0,4
Derivación en forma de T	1,8

TABLA 18. Valores de K

Además, debe de sumarse a este, la altura que existe entre el grupo de presión y la boca de incendio más desfavorable.

Las pérdidas de carga lineal cuando se produce el funcionamiento de las dos bocas más desfavorables son las siguientes:

Tramo	Tipo	Diámetro (m)	BIE	Caudal (m ³ /s)	Longitud (m)	h (m.c.a)
Aljibe - N1	R. principal	0,05	5	0,0032	10,2	0,70
N1-N2	R. principal	0,05	4	0,0032	19,23	1,31
N2-N3	R. principal	0,05	2	0,0032	63,03	4,30
N2-N4	R. principal	0,05	2	0,0032	96,53	6,59
N3-B3	R. secundario	0,031	1	0,0016	5,11	0,99
N4-B5	R. secundario	0,031	1	0,0016	1	0,19
Subida S1	R. principal	0,05	5	0,0032	3,65	0,25
TOTAL						14,34

TABLA 19. Perdida de cargas lineales

Las pérdidas de carga debidas a singularidades se recogen en la siguiente tabla:

Tramo	Tipo	Velocidad (m/s)	Singularidad	k	h (m.c.a)
Aljibe - N1	R. principal	1,630	90°	0,75	0,102
N1-N2	R. principal	1,630	T	1,8	0,244
N2-N3	R. principal	1,630	90°	0,75	0,102
N2-N4	R. principal	1,630	T	1,8	0,244
N3-B3	R. secundario	2,120	90°	0,75	0,172
N4-B5	R. secundario	2,120	90°	0,75	0,172
Subida S1	R. principal	1,630	T	1,8	0,244
TOTAL					1,278

TABLA 20. Perdida de cargas debidas a singularidades

Como se ha dicho anteriormente, se debe tener en cuenta que para calcular la pérdida de carga total, se debe añadir la distancia del grupo de presión a la boca de incendio más desfavorable, siendo en este caso 4 m.c.a, y la presión mínima de la lanza, siendo de 35 m.c.a (3,5 kg/cm² x10), por lo que la pérdida total será de:

$$H_t = H_f + H_s + H_d + H_l = 14,34 + 1,278 + 4 + 35 = 54,61 \text{ m.c.a}$$

El sistema de BIE se someterá, antes de su puesta en servicio, a una prueba de estanquidad y resistencia mecánica, sometiendo a la red a una presión estática igual a la máxima de servicio y como mínimo a 980 kPa (10 Kg/cm²), manteniendo dicha presión a prueba durante dos horas, como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

Grupo de presión:

Se instala un grupo de presión, capaz de abastecer todas las bocas de incendio, aspirando del aljibe la correspondiente cantidad para un funcionamiento mínimo de dos horas, siendo este de 12m³. El grupo de presión cumple con la norma UNE 23500:12, preparado para soportar un caudal de 12m³/h, y 60 m.c.a de altura.

HIDRANTES EXTERIORES:

Hidrantes exteriores, no se instalan ya que la universidad dispone de ellos.

5.3.2 SEÑALIZACIÓN Y ALUMBRADO

Los medios de protección contra incendios manuales se señalan mediante las señales establecidas en la UNE 23033-1, y se instalan las siguientes:

- Pulsador de alarma: Señal de forma cuadrada con fondo rojo y símbolo blanco, que se utiliza para indicar los botones pulsadores que transmiten la alarma al puesto de control sin alertar directamente a los ocupantes.



Fotografía 11. Señal pulsador de alarma

- Avisador sonoro: Señal de forma cuadrada con fondo rojo y símbolo blanco que se emplea para indicar la situación de pulsadores que alertan directamente a los ocupantes.



Fotografía 12. Señal avisador sonoro

- Salida en caso de emergencia: Señal cuadrada con fondo verde y símbolo blanco, que se emplea para indicar que la puerta donde se sitúa es de evacuación.



Fotografía 13. Señal salida de emergencia

- Extintor de incendios: Señal cuadrada, de fondo rojo y símbolo blanco, que se utiliza para indicar la ubicación de un extintor y se sitúa al lado del mismo.



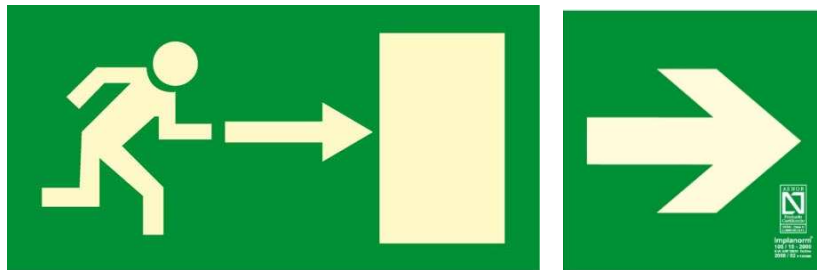
Fotografía 14. Señal extintor

- Boca de incendio: Señal cuadrada, de fondo rojo y símbolo blanco, que indica la ubicación de estas y se sitúa al lado.



Fotografía 15. Señal BIE

También se instalan señales complementarias como las flechas direccionales, indicando el sentido de evacuación, y las señales indicadoras de las puertas de evacuación, ambas de fondo verde y símbolo blanco.



Fotografía 16. Señales complementarias

Estas señales son visibles incluso cuando exista fallo de suministro eléctrico.

En total, se instalan 30 señales que cumplen con las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003, UNE 23035-4:2003 y UNE 23035-3:2003.

La instalación eléctrica de emergencia proporciona los mínimos niveles necesarios a lo largo de los recorridos de evacuación, en caso de fallo del alumbrado normal, considerando una caída de tensión inferior al 70% de su valor nominal. Tienen una autonomía de 2 horas desde que se produzca la caída de tensión y contienen un foco luminoso en el interior. Se disponen 30 luminarias repartidas entre:

- Puertas de salida y recorridos de evacuación
- Locales de riesgo especial
- Aseos de los edificios

5.4 RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio afecta a la estructura de dos formas diferentes. Por un lado, a los materiales, modificando sus propiedades, y por otro, a las acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos.

Se considera que la resistencia al fuego es suficiente cuando se alcanza la resistencia exigida en la tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales (Tabla 21)

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

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

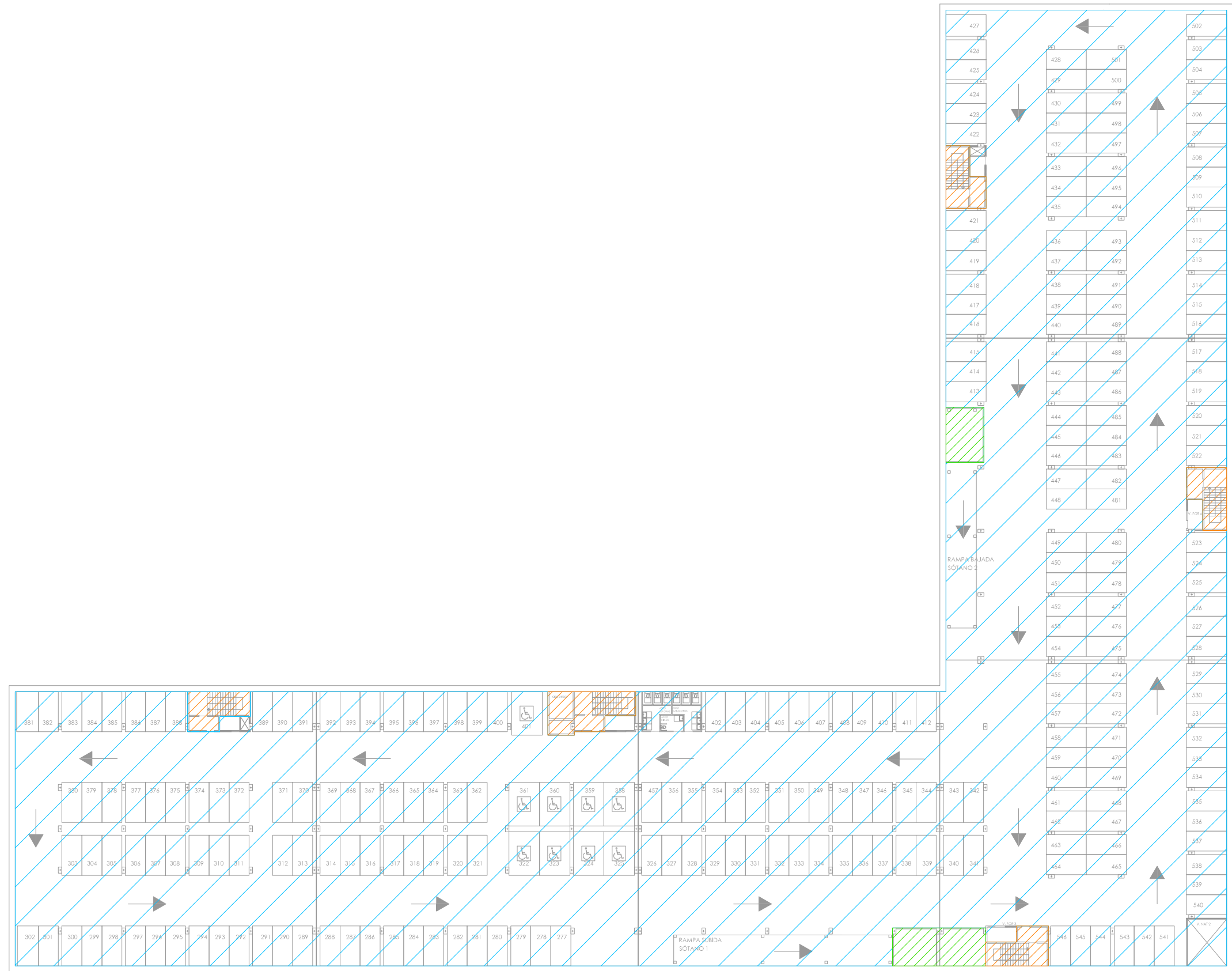
⁽¹⁾ La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

⁽²⁾ En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

⁽³⁾ R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

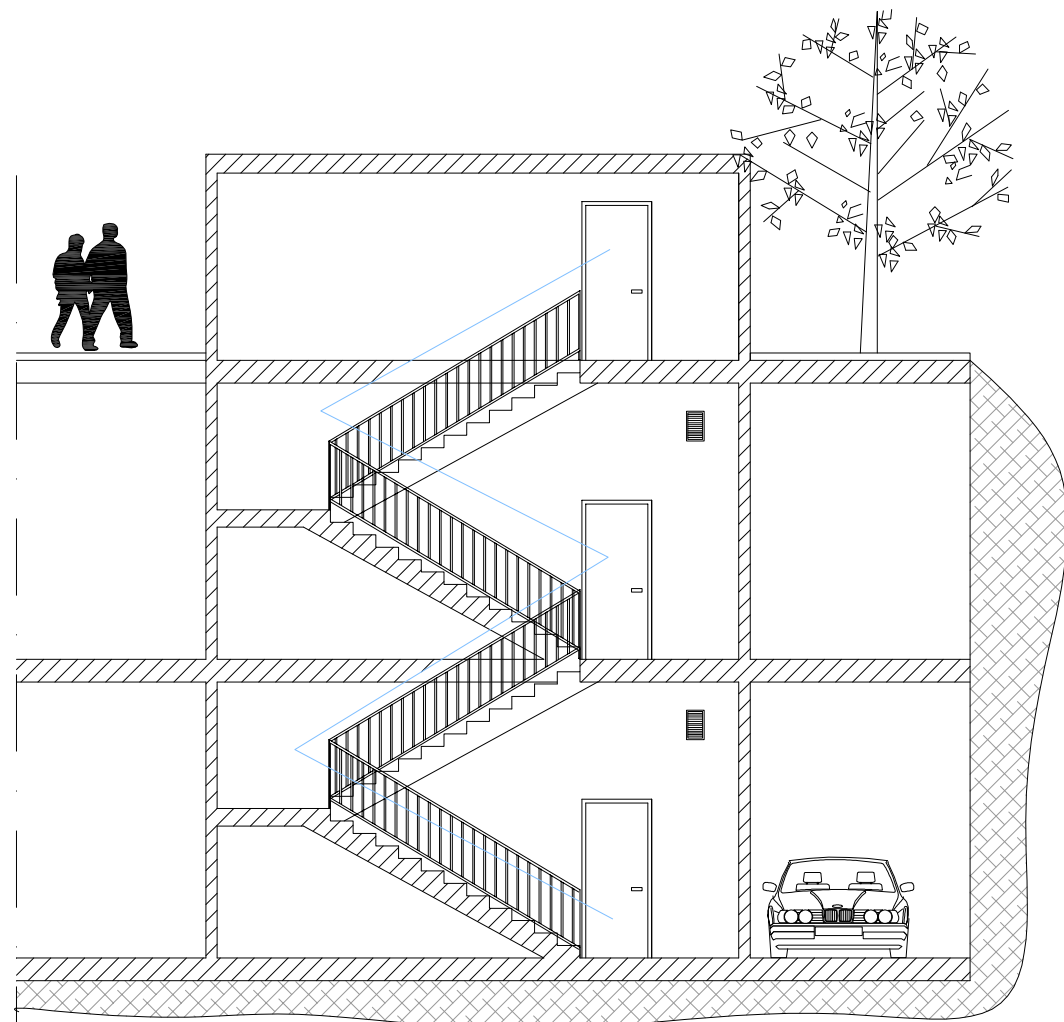
⁽⁴⁾ R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

TABLA 21. Resistencia al fuego elementos estructurales

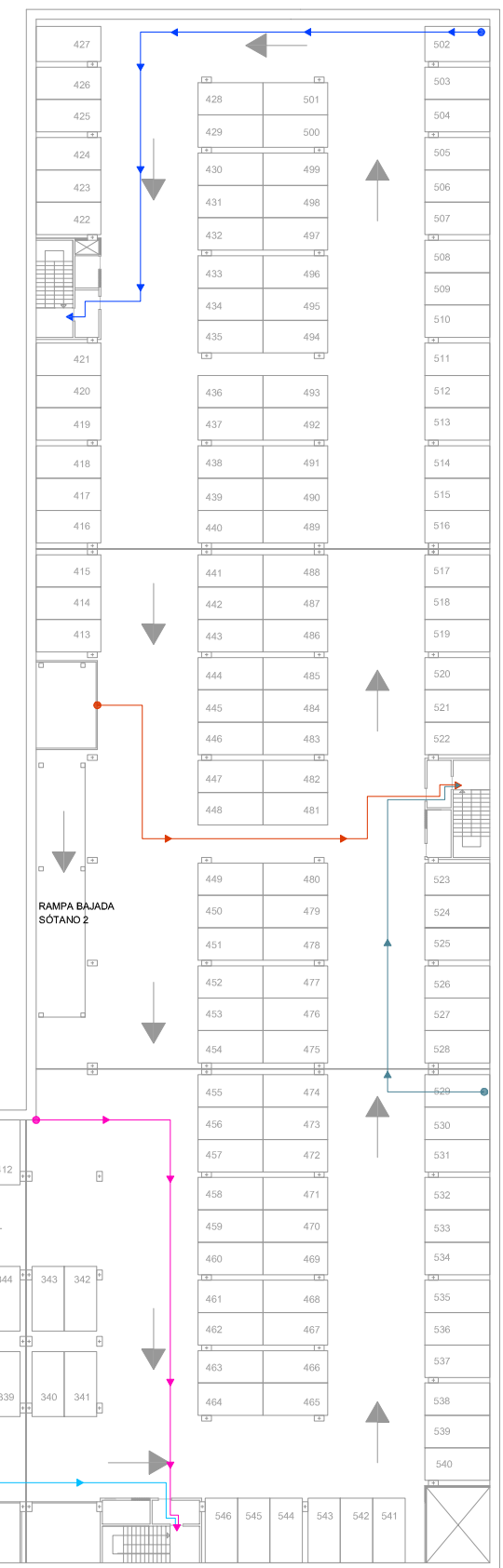


SECTOR DE INCENDIO
 VESTIBULO DE INDEPENDENCIA CON ESCALERA/ASCENSOR
 LOCALES DE RIESGO ESPECIAL BAJO

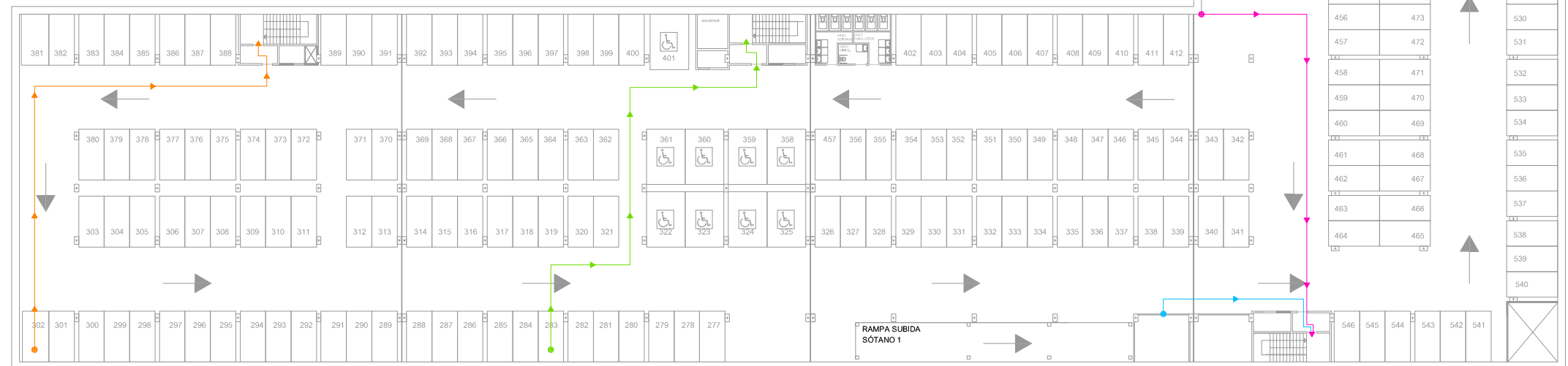
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: 5.1 SECTORES DE INC.	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: 5.1
	Escala: 1/500	



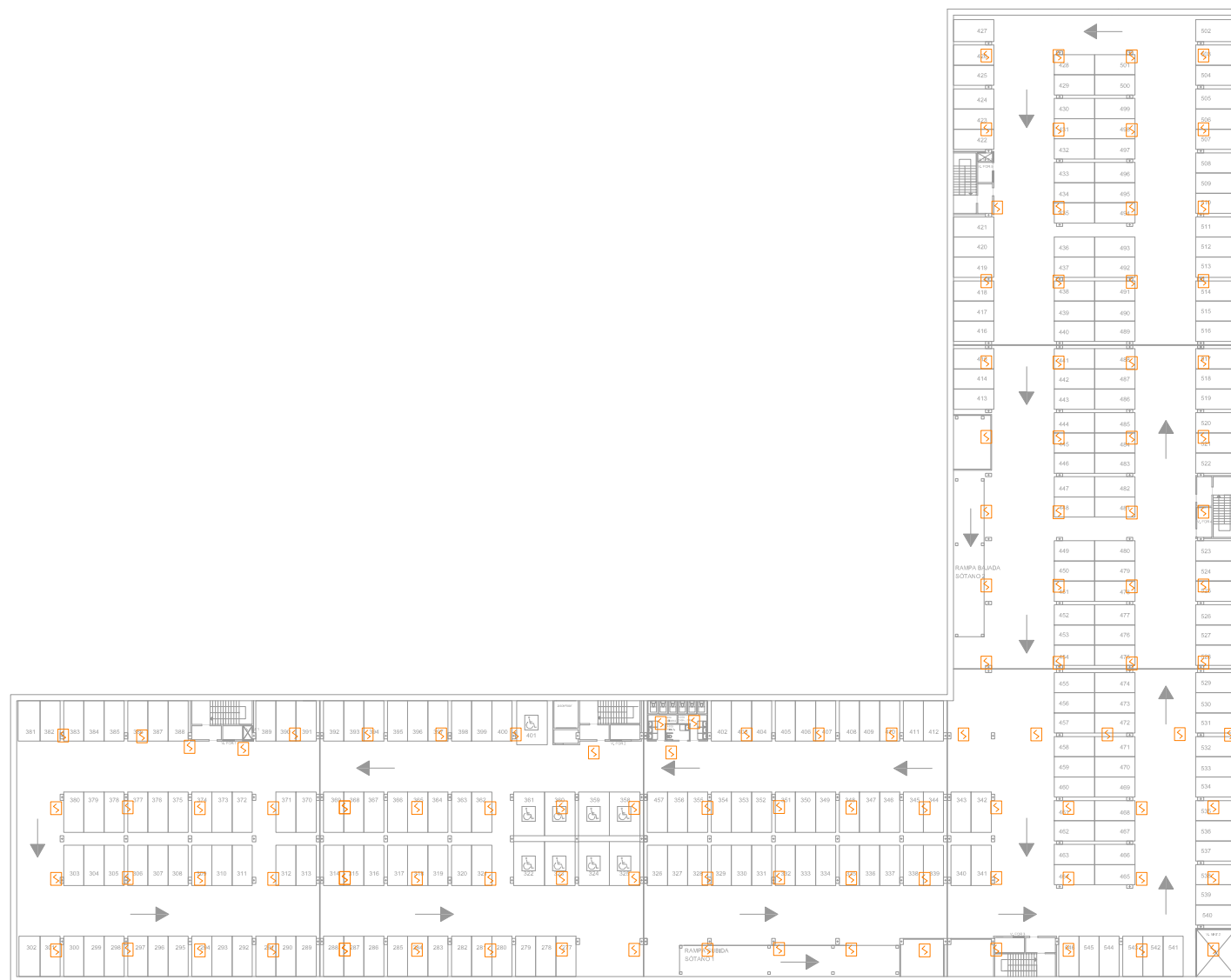
Sección escaleras 1/100



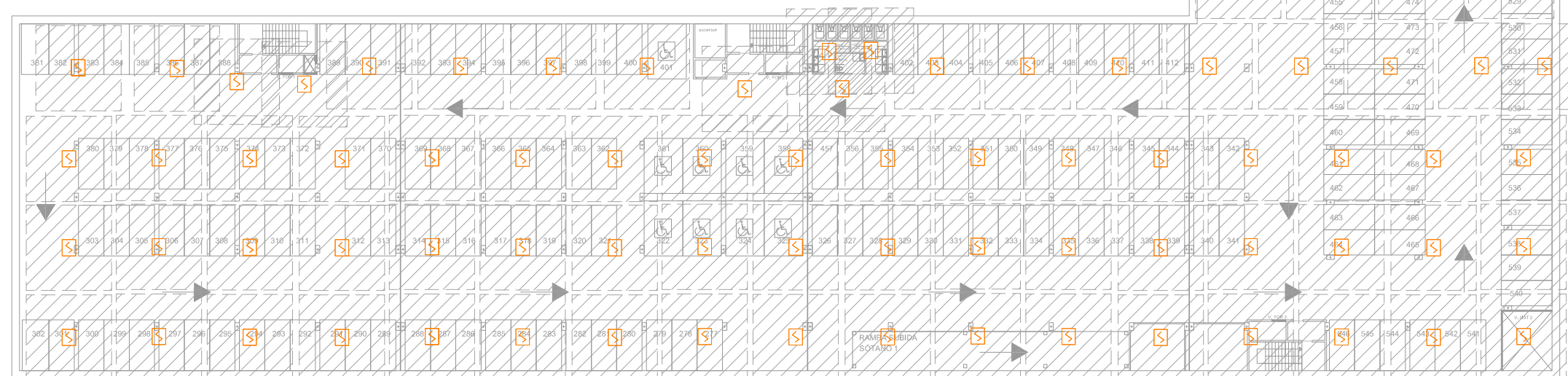
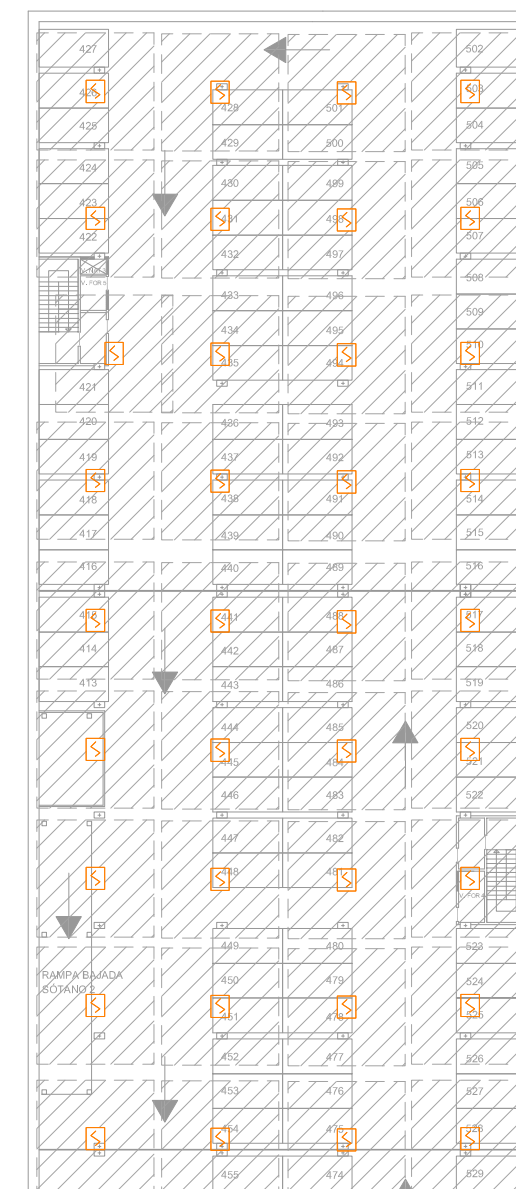
- Recorrido 1: 48,40 m
- Recorrido 2: 47,40 m
- Recorrido 3: 17,80 m
- Recorrido 4: 39,00 m
- Recorrido 5: 53,42 m
- Recorrido 6: 32,71 m
- Recorrido 7: 49,25 m
- Recorrido 8: 18,25 m



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: 5.2 RECORRIDOS	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/500
	Plano: 5.2






Localización detectores de humo 1/750

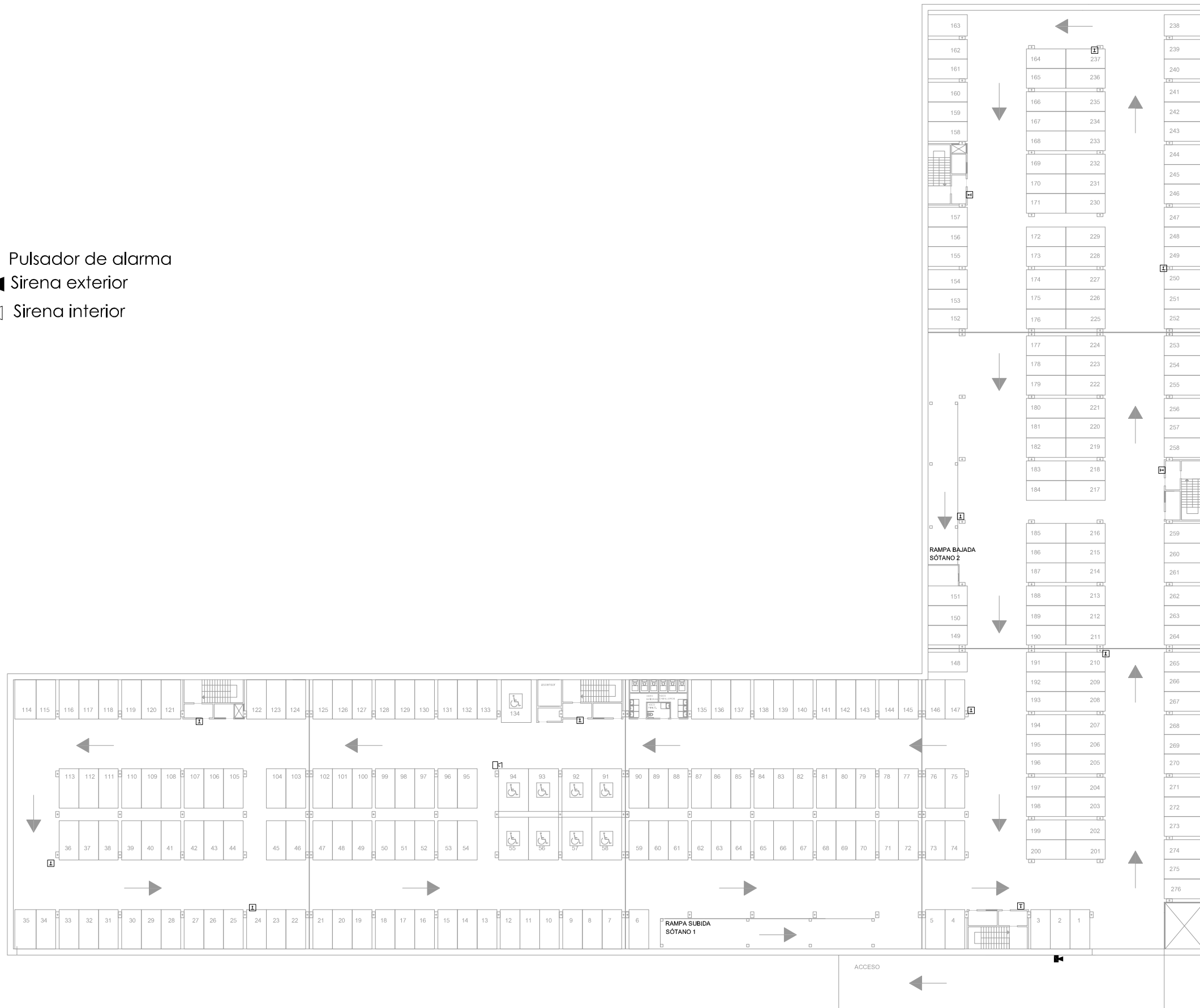


AREA EFECTIVA 60m²

 Detector de humos

Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaime I	
Denominación: 5.3.1 DETECTORES HUMO	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: 5.3.1
	Escala: 1/500	

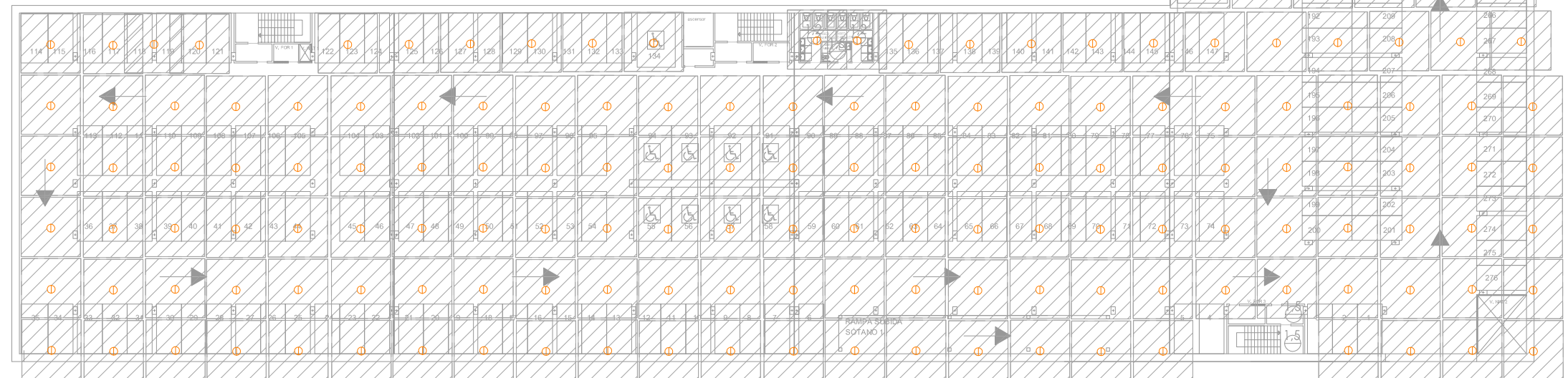
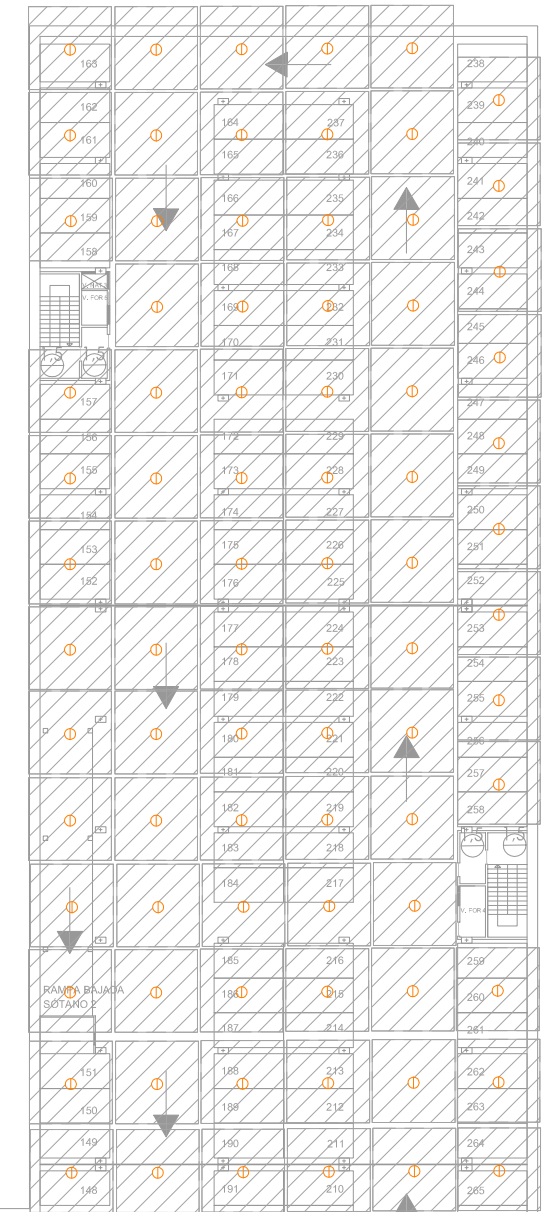
-  Pulsador de alarma
-  Sirena exterior
-  Sirena interior



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: 5.3.2 SIRENAS Y PULSADORES	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/500
	Plano: 5.3.2



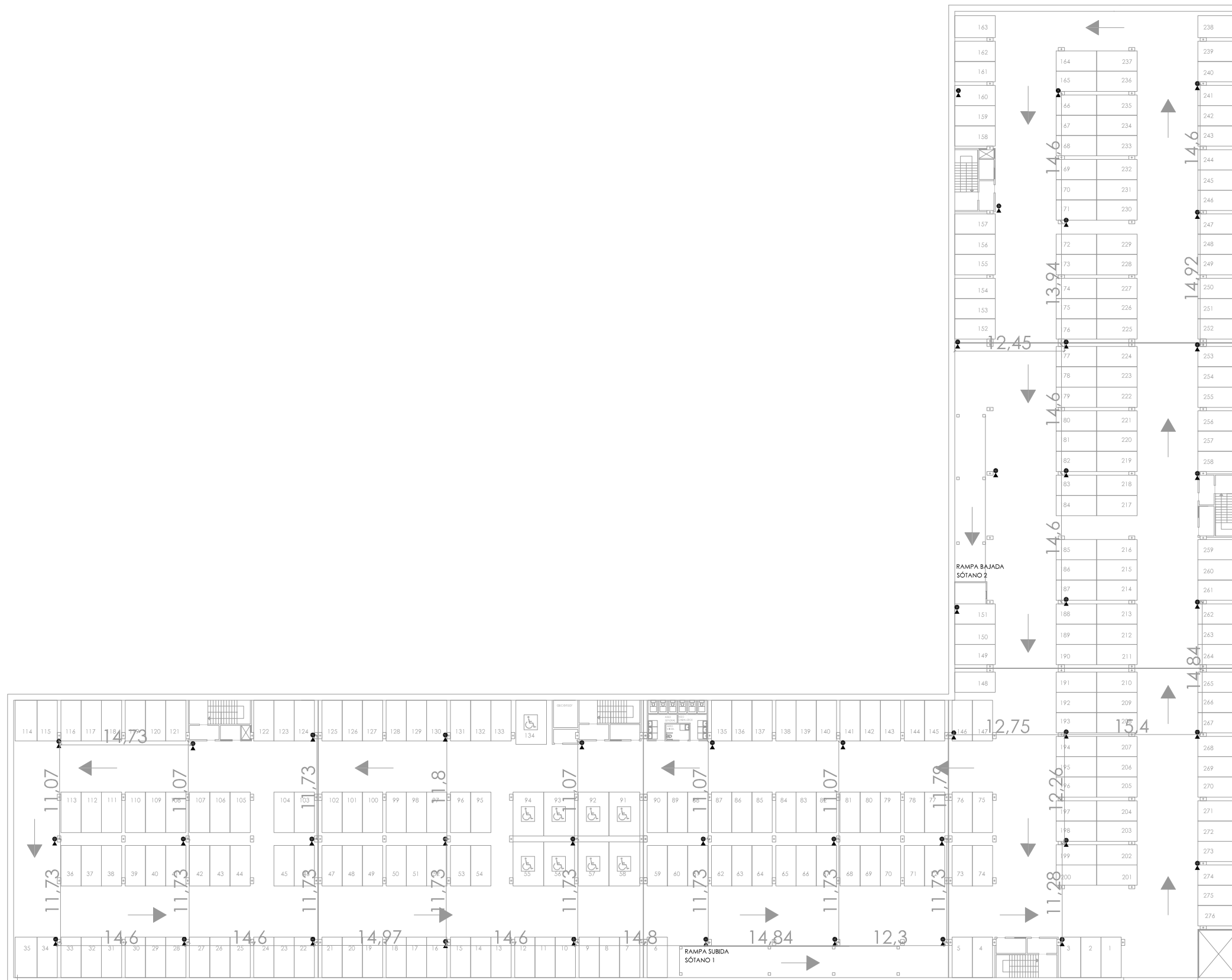
Localización detectores termovelocimétricos 1/750



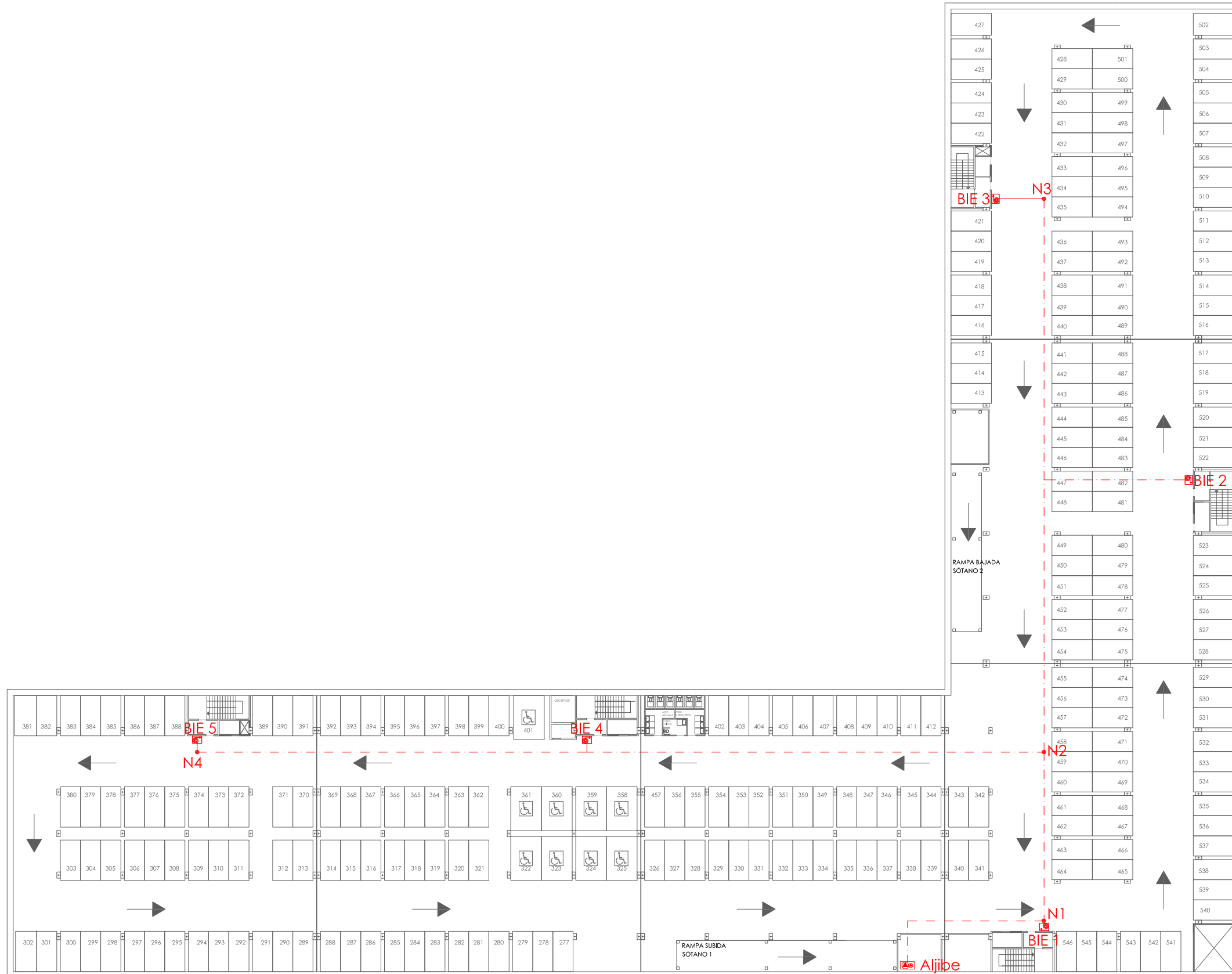
AREA EFECTIVA 30m²

⊕ Detector termovelocímetro

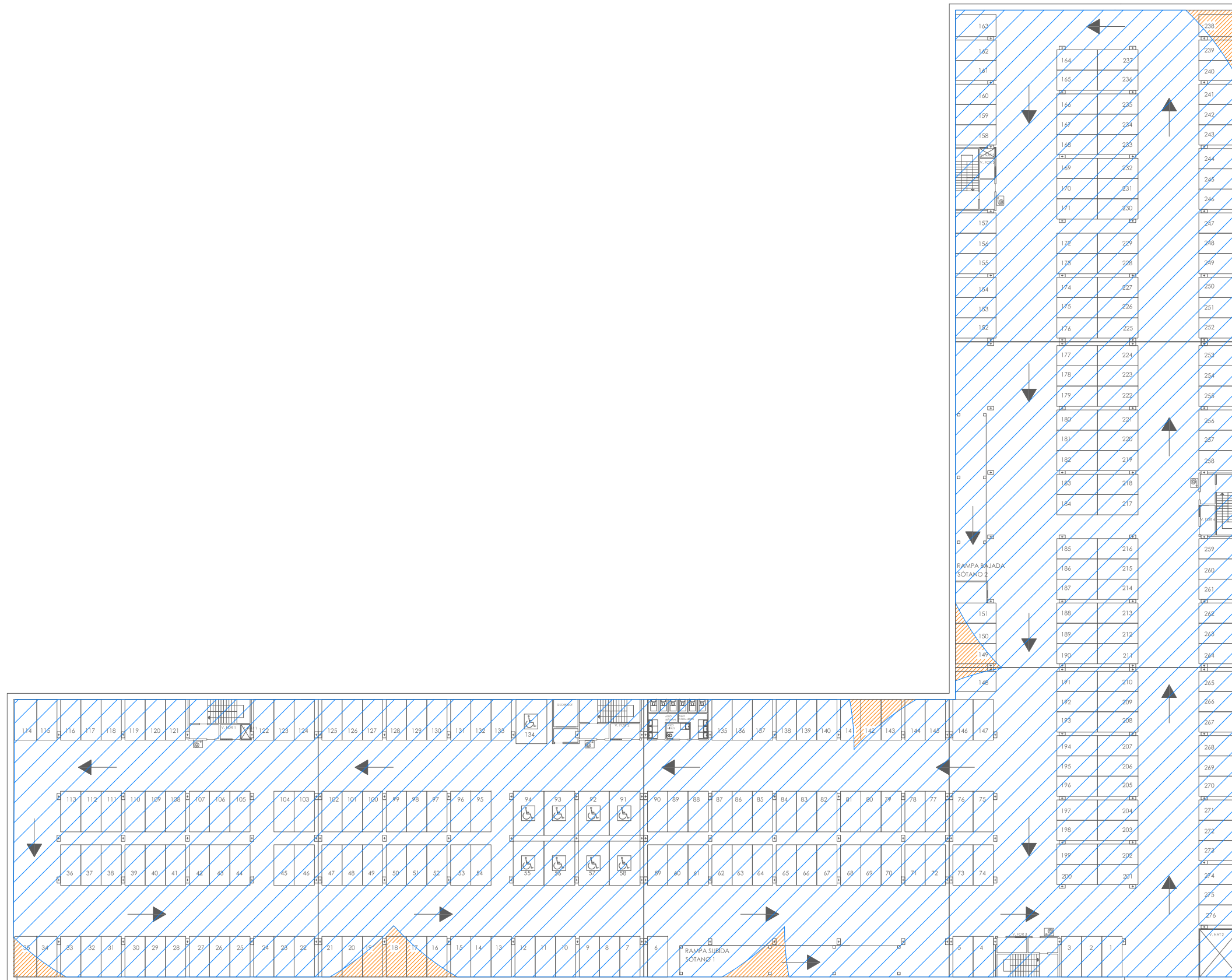
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaime I	
Denominación: 5.3.3 DETECT. TERMOVELOCIMETRICOS	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: 5.3.3
	Escala: 1/500	



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: 5.3.4 EXTINTORES	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: 5.3.4
	Escala: 1/500	



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: 5.3.5.1 LOCALIZACIÓN BIES	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: 5.3.5.1
	Escala: 1/500	

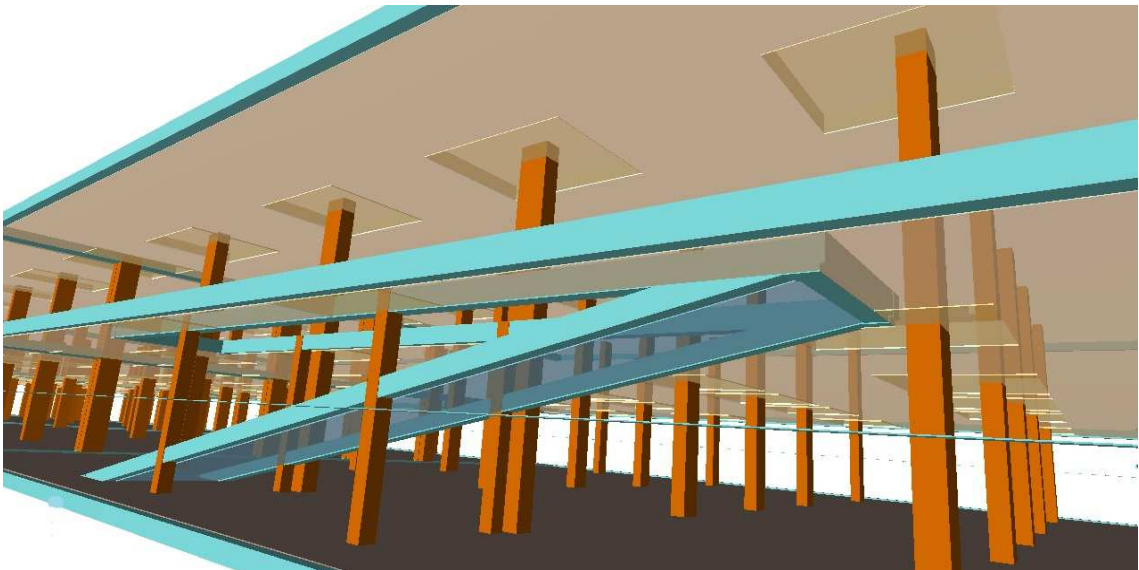


Área que alberga la manguera
 Área que alberga el agua
 Boca de incendio equipada

Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: 5.3.5.2 ÁREA EFECTIVA BIES	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: 5.3.5.2
	Escala: 1/500	

6

ANALISIS DE LA RESISTENCIA AL FUEGO



6. ANALISIS DE LA RESISTENCIA AL FUEGO

6.1 DATOS PREVIOS

6.1.1 INTRODUCCIÓN DE DATOS EN CYPECAD

Para el análisis de la resistencia al fuego, primero se ha introducido el garaje en el programa CypeCAD, para obtener con facilidad algunos datos para el cálculo, que se mencionan más adelante. Al iniciar el programa, éste te pide unos datos previos, como son el tipo de hormigón y el control a realizar, el tamaño máximo del árido, y el tipo de acero. Como se ha dicho anteriormente, la estructura está compuesta por hormigón HA-25/B/20/IIa y acero B500S.

Otro dato que te exige son las acciones que actúan sobre el garaje, que se recogen en el Documento Básico Acciones en la edificación. Para poder establecer las acciones que actúan sobre el garaje, hace falta conocer los dos tipos de acciones, mecánicas y térmicas:

Las acciones mecánicas son el resultado del peso propio y de las sobrecargas, y actúan sobre la estructura antes y después del incendio. Mientras que las acciones térmicas resultan del aumento de la temperatura y se rigen por las condiciones de transmisión de calor.

Las acciones mecánicas, se pueden dividir en acciones permanentes (aquellas debidas al peso propio) o variables (debidas al uso, viento, nieve y condiciones térmicas)

Acciones variables: Vienen determinadas en función del uso de la tabla 3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso (Tabla 22). Como aparece en la tabla, toda la superficie tendrá una carga de 2 kN/m² para categoría E (Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)), a la que se le añada 3 kN/m² al forjado 2 debido a que es un espacio de tránsito situado sobre un elemento portante.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

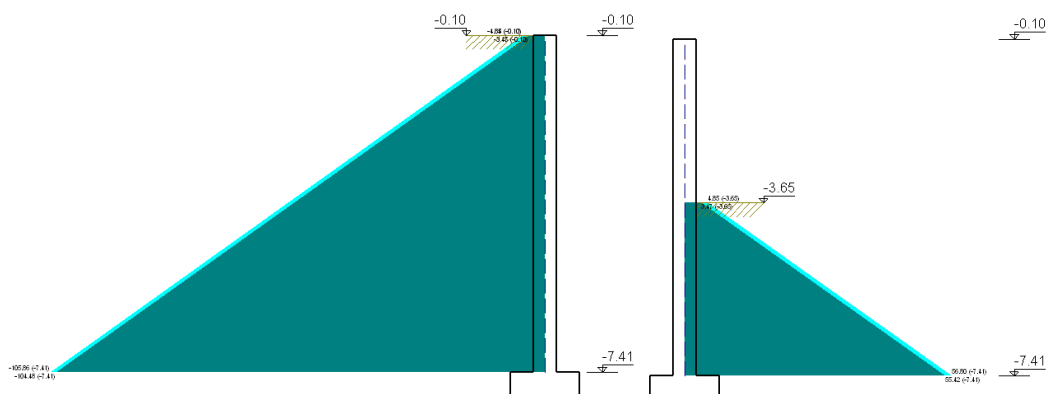
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁸⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

TABLA 22. Tabla 3.1 DB SE AE

Acciones permanentes: Las acciones permanentes varían dependiendo del elemento, de donde se sitúe y de las dimensiones que tenga. En el anejo C de este documento, se designan los pesos específicos para cada material y elemento.

Una vez insertados los datos previos, se colocan las plantas que componen el garaje, y los pilares, que como no han sufrido ningún cambio en la estructura previa, cumplen todas las dimensiones previstas en el documento base. Se tiene en cuenta que, al cambiar la cimentación, los pilares no tienen vinculación exterior, ya que el arranque de estos se realiza desde un nudo de la estructura interna.

El perímetro del garaje se cierra con un muro de sótano de espesor 25cm, que debe aguantar una serie de empujes del terreno. El muro soporta dos situaciones distintas durante todo el perímetro, de 5kN/m^2 para la situación 1, y de 7kN/m^2 para la situación 2, excepto en la entrada principal de vehículos, pues estas cargas solo actúan hasta el forjado 1. Además, el arranque del muro se realiza desde la losa de cimentación, por lo que este no tendrá vinculación exterior.



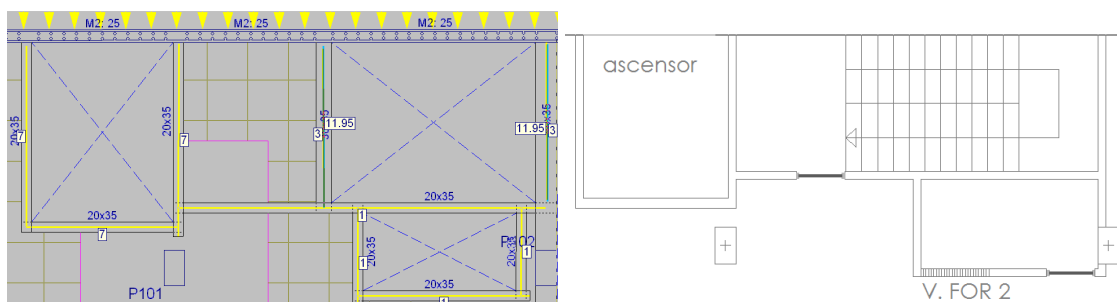
Fotografía 12. Empujes del terreno en muro de sótano

Una vez se han insertado las plantas, pilares y muro, se introducen las vigas, teniendo en cuenta que todas las vigas son planas, es decir, su espesor es el mismo que el del forjado del que forman parte. Todas las vigas que dividen la estructura por sus juntas de dilatación tienen unas dimensiones de $40 \times 35\text{cm}$, mientras que las situadas perimetralmente en las rampas son de 30×30 y las que delimitan huecos, tales como la escalera, o la ventilación son de $20 \times 35\text{cm}$.

Todas las vigas definen un paño o hueco, que se insertan desde la función gestión de paños. Para los forjados, se emplea el forjado DALIFORMA Sistema BASENET: Nervio:10/ canto:35/ Intereje:70, pues como se ha dicho anteriormente, se ha modificado en la estructura previa, siendo ahora un forjado reticular de casetones perdidos. Las rampas de acceso a la planta -2, se realizan mediante una losa maciza de 30cm , mientras que para la cimentación se emplean las losas apoyadas en el terreno.

Insertados los forjados y la losa, así como los ábacos de los forjados reticulares, se procede a insertar las cargas que afectan a aquellas en las que

se apoya algún elemento constructivo, como puede ser un tabique, o la escalera.



Fotografía 13. Cargas en vigas de elementos constructivos

Las cargas amarillas corresponden a las producidas por el peso propio, siendo 1kN/m las referentes a la tabiquería ordinaria, 7kN/m a cerramientos de doble hoja que delimitan el hueco del ascensor, y 11.95kN/m a la escalera, tanto el arranque como al descansillo de esta. Las cargas azules, corresponden a la sobrecarga de uso de la escalera, siendo de 3 kN/m.

Cuando se han insertado todos los datos, se puede realizar el cálculo de la estructura sin dimensionar la cimentación, para así poder saber los momentos máximos que actúan en cada elemento y las armaduras que los componen. En el apartado de Anexos se encuentran los planos realizados con el programa.

6.1.2 CONCEPTOS PREVIOS AL CÁLCULO:

Al exponer una edificación a condiciones de incendio, esta queda sujeta a acciones tanto mecánicas como térmicas. Las acciones mecánicas son el resultado del peso propio y de las sobrecargas, y actúan sobre la estructura antes y después del incendio, como se ha dicho anteriormente.

Para la comprobación estructural se debe determinar las situaciones de dimensionado que resulten determinantes. Estas situaciones se clasifican en:

- Persistentes: Las que se refiere a situaciones en condiciones normales de uso.
- Transitorias: Las que se refiere a situaciones en condiciones aplicables durante un tiempo determinado, que no sean accidentales.
- Extraordinarias: Las que se refiere a situaciones en condiciones excepcionales en las que se puede encontrar o estar expuesto el edificio.

Cuando una estructura se somete a fuego, la situación se define como:

$$\sum \gamma_{GA,j} \times G_{k,j} + A_d(t = 0) + \Psi_{1,1} \times Q_{k,1} + \sum \Psi_{2,i} \times Q_{k,i}$$

G_k es el valor característico de la acción permanente que está compuesto por la carga aplicada debida al peso propio y a las cargas muertas, y se adopta normalmente, su valor medio.

Q_k es el valor de la acción variable principal, siendo este el valor de sobrecarga de uso.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD

Este coeficiente tiene en cuenta las posibles desviaciones de las acciones, y la posibilidad de adoptar un modelo erróneo al idealizarlas. La tabla 4.1 del CTE DB SE (Fotografía 28) muestra los coeficientes parciales de seguridad para las acciones, en función del tipo de acción y la comprobación que se vaya a realizar.

γ_g es el coeficiente de seguridad de la acción permanente.

γ_q es el coeficiente de seguridad de la acción variable.

El tipo de verificación puede ser, resistencia, que corresponde al análisis de las tensiones que actúan en este caso sobre el elemento, en función de las solicitaciones que actúan, y estabilidad, que incluye el efecto de todas las causas desestabilizadoras, en especial el pandeo. Para ambos, en este caso debe de elegirse una situación desfavorable.

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

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 23. Tabla 4.1 CTE DB SE

COEFICIENTE DE SIMULTANEIDAD

$\Psi_{1,1}$ es el coeficiente de combinación de acciones variables, que junto con la sobrecarga de uso, establece el valor frecuente de esta acción, es decir, el valor representativo de la acción que sólo es sobrepasado durante períodos de corta duración, respecto de la vida útil de la estructura. Este valor se obtiene de la tabla 4.2 de CTE DB SE (Tabla 24).

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

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

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

TABLA 24. Tabla 4.2 CTE DB SE

6.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA SEGÚN EL CODIGO TÉCNICO

El código técnico de la edificación, en su documento básico de seguridad en caso de incendios establece que la resistencia al fuego de un elemento, puede establecerse comprobando las dimensiones de su sección transversal, con lo indicado en las tablas del anejo C de dicho documento, o mediante ensayos que establece el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.

La comprobación se realiza por partes, analizando cada elemento estructural por separado, mediante las tablas y apartados del citado anejo. La resistencia al fuego de los elementos estructurales se obtiene en función de sus dimensiones y de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras, que se define como:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \times f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}}$$

Donde:

A_{si} área de cada una de las armaduras i , pasiva o activa

a_{si} distancia del eje de cada una de las armaduras i , al paramento expuesto más próximo.

f_{yki} resistencia característica del acero de las armaduras i

Δa_{si} corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego.

Tabla C.1. Valores de Δa_{si} (mm)

μ_{fi}	Acero de armar		Acero de pretensar			
	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)	Resto de los casos	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados) Barras	Alambres	Resto de los casos Barras	Alambres
≤ 0,4	+5		-5	-10		
0,5	0	0	-10	-15	-10	-15
0,6	-5		-15	-20		

⁽¹⁾ En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura se reducirán los valores de Δa_{si} en 10 mm, cuando el ancho de las mismas sea inferior a los valores de b_{min} especificados en la columna 3 de la tabla C.3.

TABLA 25. Tabla C.1 Anejo C. DB SI

La corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego, viene determinada por la tabla C.1 Valores de Δa_{si} (mm) (Tabla 25) de dicho anejo, que depende del coeficiente de sobredimensionamiento de la sección de estudio μ_{fi} , siendo $\mu_{fi}=E_{fi,d}/R_{fi,d,0}$, aunque como simplificación para el cálculo puede tomarse como el factor de reducción η_{fi} .

$$\mu_{fi} = n_{fi} = \frac{Gk + \Psi_{1,1} x Qk}{\gamma_g x Gk + \gamma_q x Qk}$$

Donde:

G_k es el valor característico de la acción permanente que está compuesto por la carga aplicada debida al peso propio y a las cargas muertas.

Q_k es el valor de la acción variable principal, siendo este el valor que repercute a la viga de sobrecarga de uso.

γ_g es el factor de seguridad de la acción permanente.

γ_q es el factor de seguridad de la acción variable.

$\Psi_{1,1}$ es el coeficiente de combinación de acciones variables

Para los valores característicos, puede emplearse el momento máximo de cada elemento, teniendo en cuenta que al aplicarse los factores de seguridad y el coeficiente de combinación no pueden buscarse el momento máximo general del elemento, sino que debe de realizarse por hipótesis. Es por esto, por lo que también se ha insertado la estructura en el programa. Además como simplificación del factor de reducción puede emplearse $\eta_{fi} = 0.6$, excepto en cargas de categoría E en las que se debe emplear $\eta_{fi}=0.7$

Como se sabe, al analizar la estructura por elementos estructurales se deben analizar vigas, pilares, forjado y muro, pero se necesita saber cuál de los elementos que los componen es el más restrictivo, para poder garantizar que todos los demás elementos cumplirán. Por ello, se ha insertado el garaje en el programa de Cype, para poder obtener con facilidad, una vez modificada la estructura, sus armaduras. En el apartado de Anexos, en los planos de designación A.5 y A.6 puede observarse la composición de cada viga y pilar.

Para saber cuáles son los más restrictivos, se debe mirar las armaduras que lo componen. En el caso de las vigas, todas las vigas continuas que dividen la estructura en juntas de dilatación, es decir, aquellas vigas de dimensiones 40x35cm, están compuestas por una armadura superior de 3 barras de $\varnothing 10$ e inferior de 3 $\varnothing 10$, tanto para el forjado 1 como para el 2. Es por eso que se decide realizar el análisis de las vigas 19 y 59 del forjado 2, pues aunque tengan la misma armadura, la primera es biapoyada y la segunda apoyada y empotrada en el muro de sótano y que además, soporta las cargas de la escalera. Cabe destacar también que, las acciones debidas a la sobrecarga de uso establecidas para el forjado 2 son mayores que las de forjado 1, por lo que las vigas a analizar se sitúan en este forjado.

En el caso de los pilares, se analizan las dos tipologías diferentes, de 30x30 y de 70x40. Estos últimos se localizan por toda la planta, y varían entre esta dimensión y 40x70, pero para realizar el cálculo, como se ha dicho, depende del ancho mínimo, por lo que para ambas dimensiones este ancho es el mismo, 40cm. Dentro de estos, se estudia el pilar 116, compuesto por 4 barras de $\varnothing 16$ en las esquinas, 8 $\varnothing 16$ en la cara X, y 2 $\varnothing 12$ en la cara Y, rodeados por estribos de $\varnothing 6$ cada 15cm, durante toda su altura. Para los pilares de 30x30, se analiza el 89, compuesto por 4 barras de $\varnothing 20$ en las esquinas, y 2 de $\varnothing 20$ en la cara Y, rodeados por estribos de $\varnothing 6$ cada 20cm.

Para el análisis de los muros se establecen las siguientes tablas, donde puede observarse la composición de las armaduras de estos, y así poder elegir el que más C contiene, siendo este el muro 6.

Muro M1: Longitud: 3268.8 cm [Nudo inicial: -5.71;-4.70 -> Nudo final: -5.72;27.99]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal			F.C. (%)	Estado	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)			Sep.hor (cm)
Forjado 2	25.0	$\varnothing 8c/10$ cm	$\varnothing 6c/10$ cm	$\varnothing 12c/25$ cm	$\varnothing 12c/25$ cm	---	---	---	---	90.5	---
Forjado 1	25.0	$\varnothing 16c/30$ cm	$\varnothing 20c/30$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	1	$\varnothing 8$	20	30	90.8	---

Muro M2: Longitud: 10688.7 cm [Nudo inicial: -5.72;27.99 -> Nudo final: 101.17;28.05]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal			F.C. (%)	Estado	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)			Sep.hor (cm)
Forjado 2	25.0	$\varnothing 12c/15$ cm	$\varnothing 12c/30$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	---	---	---	---	90.3	---
Forjado 1	25.0	$\varnothing 12c/15$ cm	$\varnothing 16c/15$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	1	$\varnothing 8$	20	30	92.0	---

Muro M3: Longitud: 7816.01 cm [Nudo inicial: 101.17;28.05 -> Nudo final: 101.17;106.21]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal			F.C. (%)	Estado	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)			Sep.hor (cm)
Forjado 2	25.0	$\varnothing 16c/30$ cm	$\varnothing 12c/30$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	1	$\varnothing 8$	20	30	90.1	---
Forjado 1	25.0	$\varnothing 12c/15$ cm	$\varnothing 16c/15$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	$\varnothing 8c/10$ cm	1	$\varnothing 8$	20	30	91.5	---

Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
GARAJE PUBLICO UNIVERSIDAD JAUME I

Muro M4: Longitud: 3344.2 cm [Nudo inicial: 101.17;106.21 -> Nudo final: 134.62;106.19]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal			F.C. (%)	Estado	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)			Sep.hor (cm)
Forjado 2	25.0	Ø8c/10 cm	Ø6c/10 cm	Ø12c/25 cm	Ø12c/25 cm	---	---	---	---	90.7	---
Forjado 1	25.0	Ø12c/15 cm	Ø16c/15 cm	Ø8c/10 cm	Ø8c/10 cm	1	Ø8	20	30	92.0	---

Muro M5: Longitud: 11089.6 cm [Nudo inicial: 134.51;-4.71 -> Nudo final: 134.42;106.19]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal			F.C. (%)	Estado	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)			Sep.hor (cm)
Forjado 2	25.0	Ø12c/30 cm	Ø16c/30 cm	Ø8c/10 cm	Ø8c/10 cm	1	Ø8	20	30	90.0	---
Forjado 1	25.0	Ø16c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø8c/10 cm	Ø8c/10 cm	1	Ø8	20	30	94.0	---

Muro M6: Longitud: 661.202 cm [Nudo inicial: 127.89;-4.55 -> Nudo final: 134.50;-4.50]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal			F.C. (%)	Estado	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)			Sep.hor (cm)
Forjado 2	25.0	Ø16c/25 cm	Ø12c/25 cm	Ø12c/15 cm	Ø12c/15 cm	1	Ø8	15	25	90.1	---
Forjado 1	25.0	Ø20c/20 cm	Ø12c/20 cm	Ø12c/15 cm	Ø16c/15 cm	1	Ø6	15	20	90.4	---

Muro M7: Longitud: 9696.92 cm [Nudo inicial: -5.71;-4.70 -> Nudo final: 91.26;-4.53]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal			F.C. (%)	Estado	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)			Sep.hor (cm)
Forjado 2	25.0	Ø12c/30 cm	Ø16c/30 cm	Ø8c/10 cm	Ø8c/10 cm	1	Ø8	20	30	90.0	---
Forjado 1	25.0	Ø16c/15 cm	Ø12c/15 cm	Ø8c/10 cm	Ø8c/10 cm	1	Ø8	20	30	93.1	---

Muro M8: Longitud: 3663.5 cm [Nudo inicial: 91.26;-4.53 -> Nudo final: 127.89;-4.55]											
Planta	Espesor (cm)	Armadura vertical		Armadura horizontal		Armadura transversal			F.C. (%)	Estado	
		Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Ramas	Diám.	Sep.ver (cm)			Sep.hor (cm)
Forjado 2	25.0	Ø8c/20 cm	Ø10c/20 cm	Ø12c/25 cm	Ø12c/25 cm	---	---	---	---	97.8	---
Forjado 1	25.0	Ø10c/20 cm	Ø8c/20 cm	Ø12c/25 cm	Ø12c/25 cm	---	---	---	---	98.8	---

6.2.1 ANALISIS DE LAS VIGAS:

Como se ha dicho antes, las vigas a analizar son la viga 59 y 19, que puede apreciarse su localización y características en el plano 6.2.1 Vigas objeto de estudio situado al final del presente apartado. Lo primero que se necesita conocer, es el factor de reducción, definido por:

$$n_{fi} = \frac{Gk + \Psi 1,1 x Qk}{\gamma_g x Gk + \gamma_q x Qk}$$

Los valores característicos vienen definidos por los momentos máximos de cada hipótesis. Se debe tener en cuenta la situación de estos, ya que dependiendo de las tipologías de los apoyos y de las cargas que actúan, la posición de este varía, como se puede observar en la fotografía 14. Para vigas biapoyadas con cargas distribuidas, el momento máximo se localiza en $L/2$, y para vigas apoyada-empotrada en $3L/8$, es decir, el momento máximo en la viga biapoyada se sitúa en 3,5m y en la apoyada-empotrada en 3,52m. Estos datos vienen de:

VIGA 19:

Longitud de la viga de eje de pilar a eje de pilar: 7m

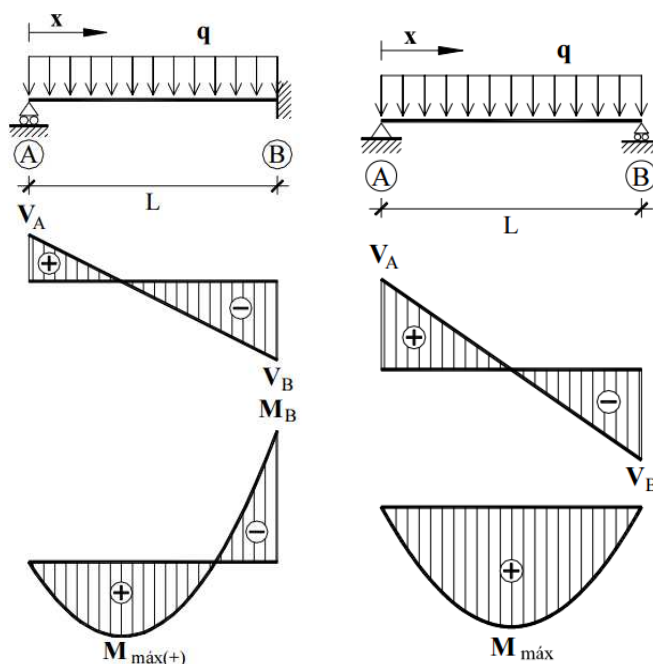
Situación del momento máximo: $L/2 = 3,5m$

VIGA 59:

Longitud de la viga de eje de pilar a muro: 5,61m

Situación del momento máximo desde el muro: $3L/8 = 2,09m$

Situación del momento máximo desde el pilar: $5L/8 = 3,52m$



Fotografía 14. Diagramas viga empotrada-apoyada y biapoyada

Sabiendo la situación de los momentos máximos, desde la pestaña Resultados→Envolventes→Esfuerzos en vigas, se obtiene por hipótesis el valor de estos, siendo:

Elemento	Hipótesis 1 Peso propio	Hipótesis 2 Cargar muertas	Hipótesis 3 Sobrecarga de uso	Posición
VIGA 19	8,92 kNxm	10,19 kNxm	9,49 kNxm	3,5m
VIGA 59	21,26 kNxm	0,84 kNxm	6,49 kNxm	3,52

TABLA 26. Resultado de los momentos máximos.

Para poder aplicar la fórmula de factor de reducción, se necesitan conocer los factores de seguridad y el coeficiente de combinación, que se han definido en el apartado 6.1.2.

$$n_{fiVIGA19} = \frac{Gk + \Psi 1,1 x Qk}{\gamma_g x Gk + \gamma_q x Qk} = \frac{(8,92 + 10,19) + 0,7x9,49}{1,35x(8,92 + 10,19) + 1,50x9,49} = 0,6432$$

$$n_{fiVIGA59} = \frac{Gk + \Psi 1,1 x Qk}{\gamma_g x Gk + \gamma_q x Qk} = \frac{(21,26 + 0,84) + 0,7x6,49}{1,35x(21,26 + 0,84) + 1,50x6,49} = 0,6733$$

El valor máximo de la tabla C.1 es 0,6, por lo que se debe emplear el valor que le corresponde, -5.

μ_{fi}	Acero de armar		Acero de pretensar			
	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)	Resto de los casos	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados) Barras	Alambres	Resto de los casos Barras	Alambres
≤ 0,4	+5		-5	-10		
0,5	0	0	-10	-15	-10	-15
0,6	-5		-15	-20		

⁽¹⁾ En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura se reducirán los valores de Δa_{si} en 10 mm, cuando el ancho de las mismas sea inferior a los valores de b_{min} , especificados en la columna 3 de la tabla C.3.

TABLA 27. Tabla C.1 Anejo C. DB SI

Una vez obtenido Δa_{si} , se obtiene la distancia mínima al eje, en la que se necesita conocer:

A_{si} : área de cada una de las armaduras i , pasiva o activa

a_{si} : distancia del eje de cada una de las armaduras i , al paramento expuesto más próximo (recubrimiento + \varnothing de los estribos + $\varnothing/2$ de la armadura)

Elemento	Arm. Tracción	A_{si} (mm ²)	Arm. Compresión	A_{si} (mm ²)	Estribos	Recubrimiento (mm)	a_{si} (mm)
Viga 19	3 \varnothing 10	78,5	3 \varnothing 10	78,5	Ø6c/16	30	41
Viga 59	3 \varnothing 10	78,5	3 \varnothing 10	78,5	Ø6c/16	30	41

TABLA 28. Características de las vigas

Para ambas vigas, como se ha dicho la armadura es la misma, y el coeficiente de sobredimensionamiento de la sección también, por lo que la distancia mínima al eje será para ambas la misma, siendo:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \times f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}} = \frac{(3 \times 78,5 \times (41 - 5)) + (3 \times 78,5 \times (41 - 5))}{(3 \times 78,5) + (3 \times 78,5)} = 36 \text{ mm}$$

Obtenidos los datos necesarios, puede buscarse en la tabla C.3. Vigas con tres caras expuestas al fuego (Tabla 29) del anejo C la resistencia al fuego en función de la dimensión mínima y la distancia mínima equivalente.

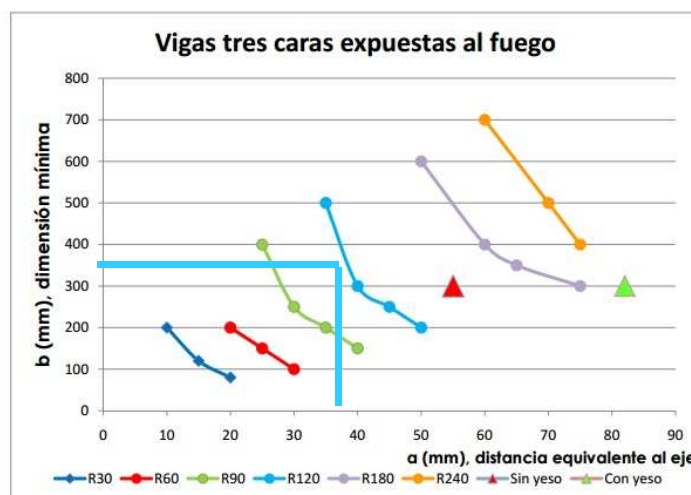
Resistencia al fuego normalizado	Dimensión mínima b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm) ⁽¹⁾				Anchura mínima ⁽²⁾ del alma $b_{0,\min}$ (mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	
R30	80/20	120/15	200/10	-	80
R60	100/30	150/25	200/20	-	100
R90	150/40	200/35	250/30	400/25	100
R120	200/50	250/45	300/40	500/35	120
R180	300/75	350/65	400/60	600/50	140
R240	400/75	500/70	700/60	-	160

⁽¹⁾ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores

⁽²⁾ Debe darse en una longitud igual a dos veces el canto de la viga, a cada lado de los elementos de sustentación de la viga.

TABLA 29. Tabla C.1 Anejo C DB SI

Se deben obtener por esta tabla, ya que las vigas que componen el forjado están expuestas por tres caras, al tener un forjado reticular de casetones perdidos de material distinto al hormigón. Para asegurar mejor el dato resultante, la resistencia al fuego se obtiene mediante la siguiente gráfica adaptada:



Fotografía 15. Gráfica adaptación tabla 29

Como se observa, para el valor obtenido la resistencia más cercana es la R120, por lo que las vigas del garaje empezarán a perder su capacidad mecánica aproximadamente a los 120 minutos. Podría decirse que como no llega a esta resistencia, la resistencia al fuego es R90, pero como el valor de las tablas es conservador, se opta por la resistencia R120.

Para esta resistencia, la armadura de negativos de vigas continuas se prolonga hasta el 33% de su longitud del tramo con una cuantía no inferior al 25%, lo que cumple con el diseño, pues:

Armadura de negativos

VIGA 19

L=2,35m

**Longitud de la viga: 7.33m

El 33% de 7.33 = 2.345m

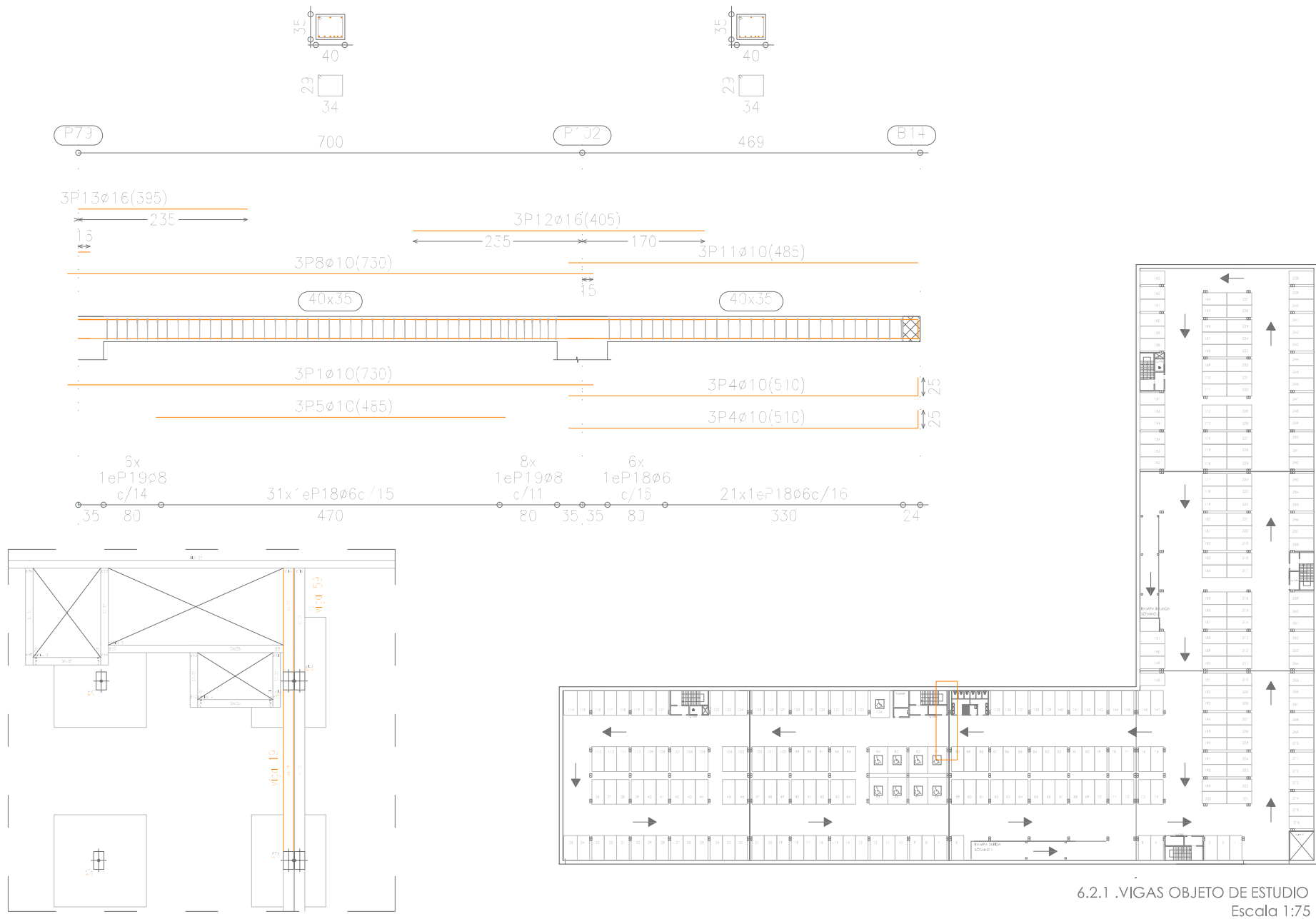
VIGA 59

L:1,70m

**Longitud de la viga: 5.1m

El 33% de 5.1m = 1,683m

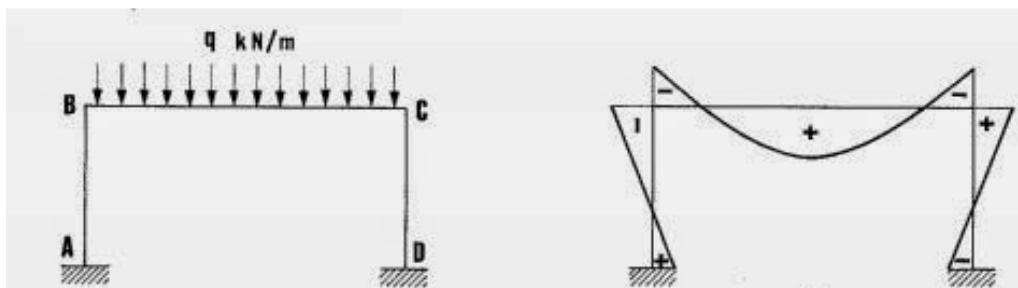
**Estas longitudes corresponden a la longitud de la viga, no de eje a eje de los pilares.



6.2.1 .VIGAS OBJETO DE ESTUDIO
Escala 1:75

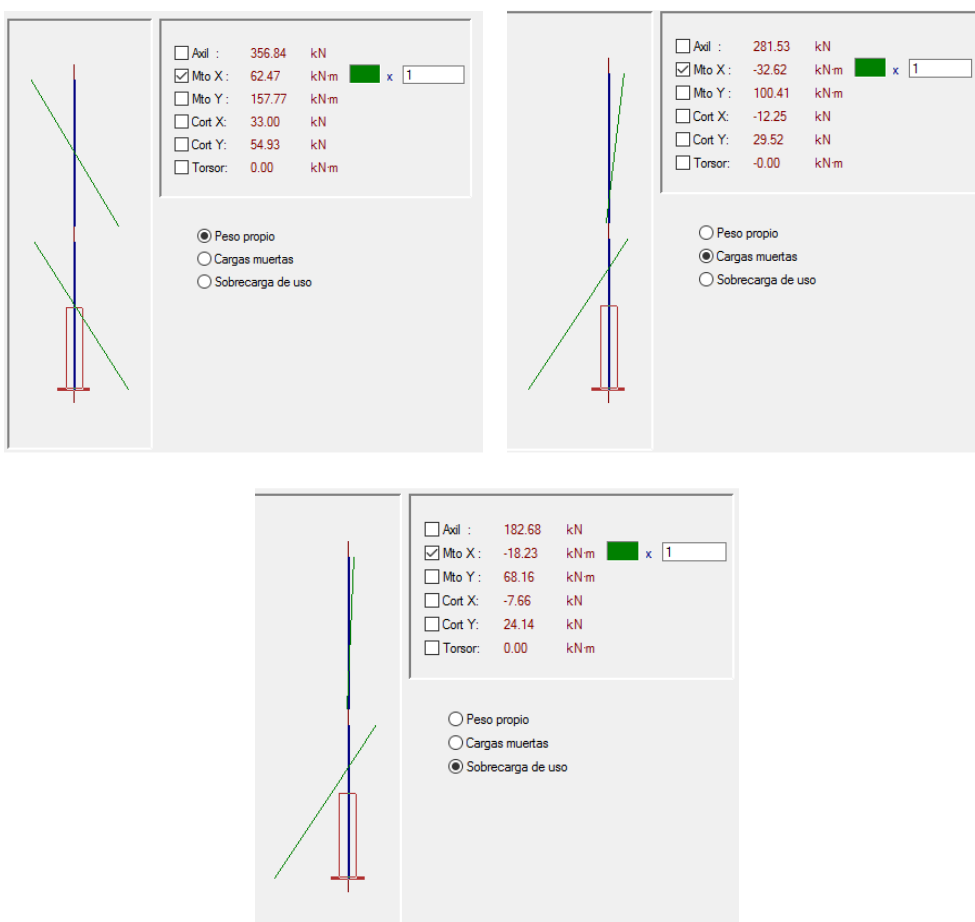
6.2.2 ANALISIS DE PILARES:

Los pilares a analizar son el pilar 89 de 30x30 y el pilar 116 que pueden verse sus características y ubicación en el plano 6.2.2 Pilares objeto de estudio, al final del presente punto. Como en el caso de las vigas, para conocer el factor de reducción deben conocerse los momentos que actúan en el pilar. Por ello, como se puede apreciar en la fotografía 16, los momentos máximos en los pilares pueden situarse en la cabeza o pies de estos.

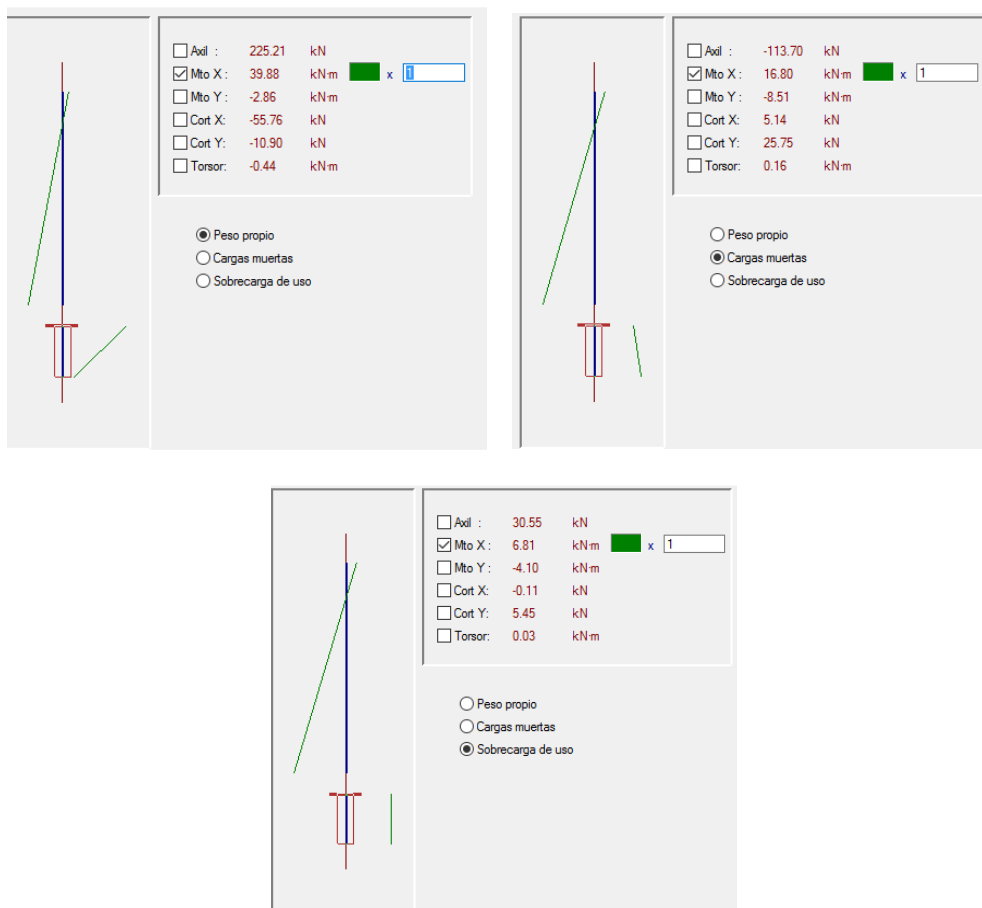


Fotografía 16. Diagrama de momentos en pilares

En el apartado Resultados → Envolventes → Esfuerzos en pilar y muro del programa CYPE, se obtienen los momentos máximos de cada hipótesis para cada pilar, como puede observarse en las siguientes fotografías:



Fotografía 17. Momentos máximos en pilar 116



Fotografía 18. Momentos máximos en pilar 89

Los datos obtenidos mediante el programa se recogen en la siguiente tabla:

Elemento	Hipótesis 1 Peso propio	Hipótesis 2 Cargar muertas	Hipótesis 3 Sobrecarga de uso
Pilar 116	62,47 kNxm	32,62 kNxm	18,23 kNxm
Pilar 89	39,88 kNxm	16,8 kNxm	6,81 kNxm

TABLA 30. Resultados momentos máximos.

Conocidos estos datos puede emplearse la fórmula para obtener el coeficiente de sobredimensionamiento de la sección:

$$n_{fipilar116} = \frac{Gk + \Psi_{1,1} x Qk}{\gamma_g x Gk + \gamma_q x Qk} = \frac{(62,47 + 32,62) + 0,7x18,23}{1,35x(62,47 + 32,62) + 1,50x18,23} = 0,6926$$

$$n_{fipilar89} = \frac{Gk + \Psi_{1,1} x Qk}{\gamma_g x Gk + \gamma_q x Qk} = \frac{(39,88 + 16,8) + 0,7x6,81}{1,35x(39,88 + 16,8) + 1,50x6,81} = 0,70$$

Para los pilares se cumple la condición citada en el código técnico:

“Puede tomarse como simplificación $n_{fi} = 0,6$ excepto en cargas de categoría E en que deberá de usarse 0,7”

Al igual que en las vigas, el valor máximo establecido en la tabla C.1 Valores de Δa_{si} es de 0,6, aunque para todos los valores, en el caso de los pilares, el valor de corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego es 0. Para aplicar la fórmula de la distancia mínima equivalente hace falta conocer las armaduras, que se han citado anteriormente y se recogen en la siguiente tabla:

Elemento	Esquinas	A_{si} (mm ²)	Estribos	Recubrimiento (mm)	a_{si} (mm)	B_{min} (mm)
Pilar 116	4Ø16	201	Ø6c/15	30	44	400
Pilar 89	4Ø20	314	Ø6c/20	30	46	300

TABLA 31. Características de los pilares

La distancia mínima equivalente para ambos pilares será:

$$a_{mpilar116} = \frac{\sum [A_{si} \times f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}} = \frac{4 \times 201 \times (44 + 0)}{4 \times 201} = 44mm$$

$$a_{mpilar89} = \frac{\sum [A_{si} \times f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}} = \frac{4 \times 314 \times (46 + 0)}{4 \times 314} = 46mm$$

Obtenidos los datos necesarios, puede buscarse en la tabla C.2. Elementos a compresión (Tabla 32) del anejo C la resistencia al fuego en función de la dimensión mínima y la distancia mínima equivalente.

Resistencia al fuego	Lado menor o espesor b_{min} /Distancia mínima equivalente		
	Soportes	Muro de carga expuesto por una cara	Muro de carga expuesto por ambas caras
R30	150/15 ⁽²⁾	100/15 ⁽³⁾	120/15
R60	200/20 ⁽²⁾	120/15 ⁽³⁾	140/15
R90	250/30	140/20 ⁽³⁾	160/25
R120	250/40	160/25 ⁽³⁾	180/35
R180	350/45	200/40 ⁽³⁾	250/45
R240	400/50	250/50 ⁽³⁾	300/50

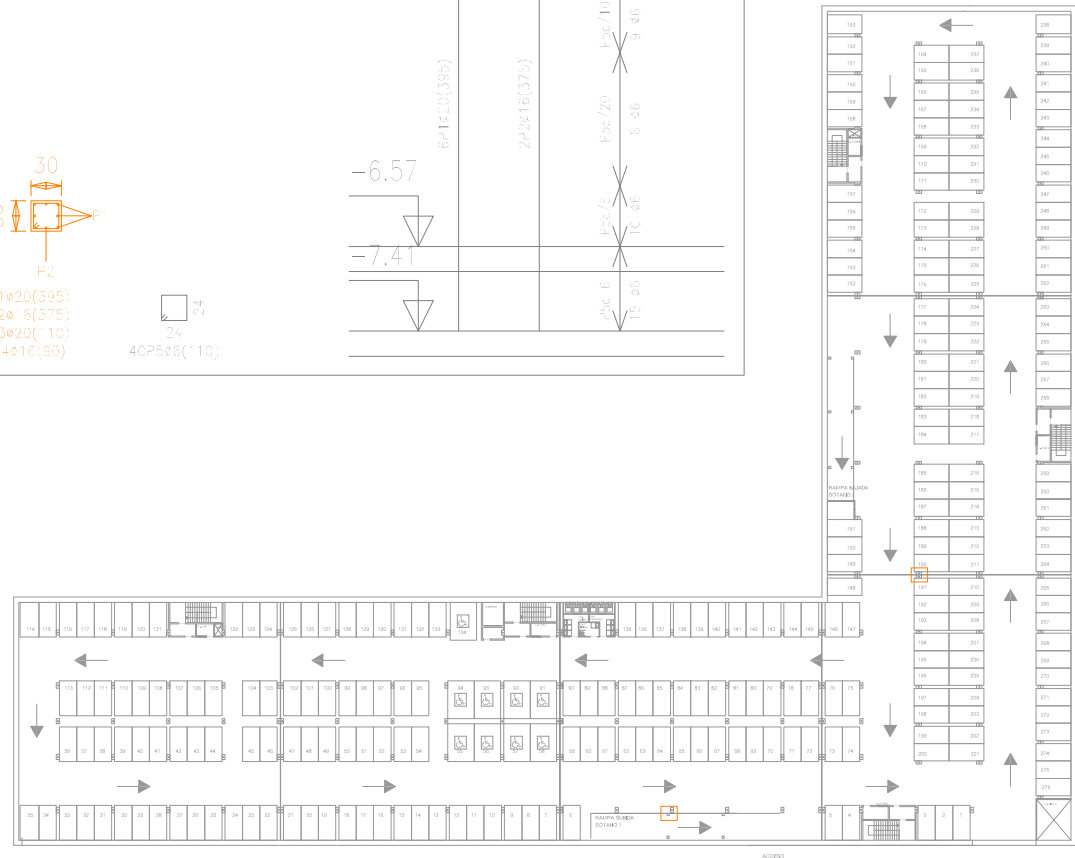
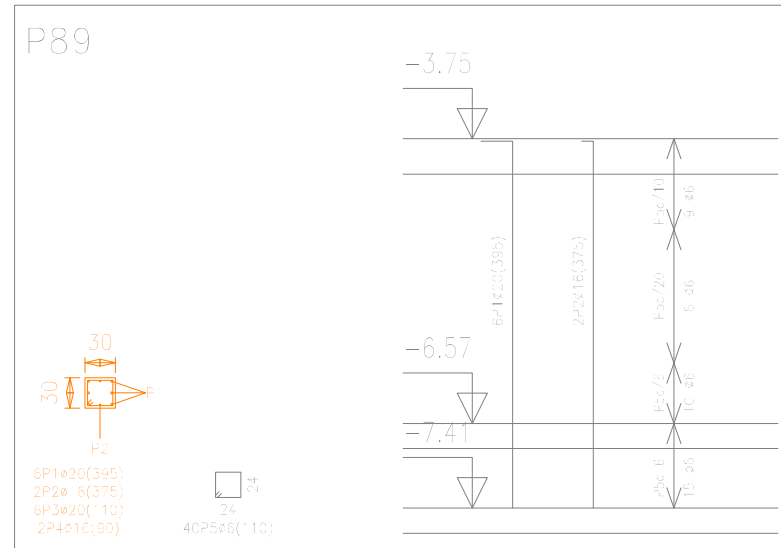
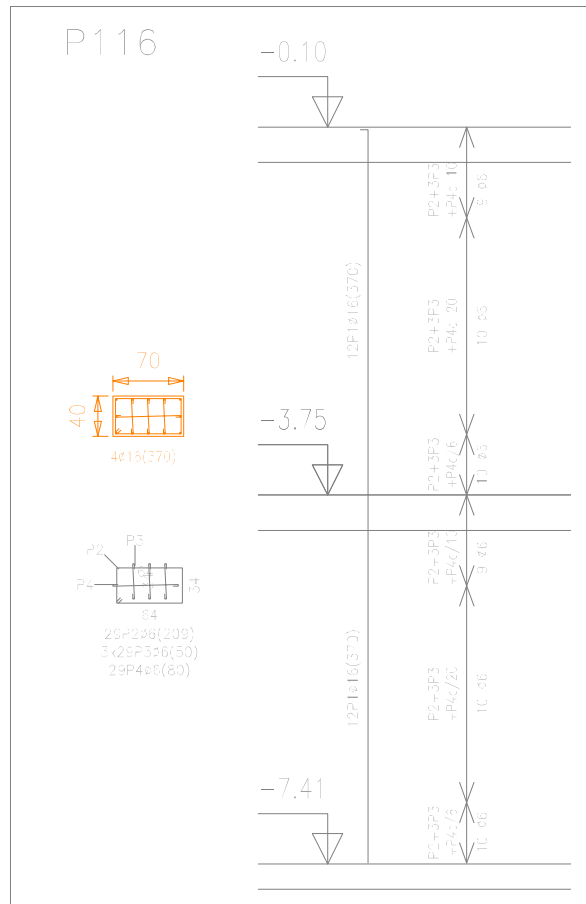
(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

(2) Los soportes ejecutados en obra deben tener, de acuerdo con la EHE, una dimensión mínima de 250 mm

(3) La resistencia al fuego aportada se puede considerar REI

TABLA32. Tabla C.2 Anejo C DB SI

Para ambos pilares la resistencia al fuego obtenida es la misma, pues la distancia mínima equivalente no puede ser menor a la establecida en la tabla, y el lado menor puede ser mayor al establecido, por lo que la resistencia al fuego es de R120, por lo que los pilares empezarán a perder su capacidad mecánica a los 120 minutos.



6.2.2 PILARES OBJETO DE ESTUDIO
Escala 1:75 - 1:1000

6.2.3 ANALISIS DEL MURO

Para el análisis del muro 6, se emplea el coeficiente de sobredimensionamiento de la sección $\eta_{fi}=0,7$, al igual que en las vigas y pilares, el valor máximo establecido en la tabla C.1 Valores de Δa_{si} es de 0,6, aunque para todos los valores, en el caso de los muros, el valor de corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego es 0. Para aplicar la fórmula de la distancia mínima equivalente hace falta conocer las armaduras, que se recogen en la siguiente tabla, y en plano 6.2.3 Muro objeto de estudio:

	Armadura Derecha		Armadura Izquierda		a_{si} (mm)
	Arm.	Área (mm ²)	Arm.	Área (mm ²)	
V	Ø20 c/20	314	Ø12c/15	113	46
H	Ø12 c/20	113	Ø16 c/15	201	

TABLA 33. Armadura muro de sótano 6

A_{si} es el sumatorio del recubrimiento, el ϕ del armado transversal de $\phi 6$ y $\phi/2$ de la armadura más próxima expuesta al fuego, que para este caso, el lado derecho es el que no está en contacto con el terreno, y como se puede ver en plano, la armadura más próxima es la dispuesta en dirección vertical, de $\phi 20$, por lo que:

$$a_{si} = 30+6+20/2=46\text{mm}$$

Como para aplicar la fórmula de la distancia mínima equivalente hace falta el número de barras y el área de estas, se calcula el armado necesario para un metro cuadrado:

	Ubicación	Nº barras	Área (mm ²)	Área total (mm ²)
Ø20 c/20	Derecha Vertical	5	314	1570
Ø12c/15	Derecha Horizontal	7	113	791
Ø12c/20	Izquierda Vertical	5	113	565
Ø16c/15	Izquierda Horizontal	7	201	1407

TABLA 34. Armadura muro de sótano 6 por m²

Una vez conocida la armadura y la distancia mínima al eje, se puede aplicar la fórmula de la distancia mínima equivalente:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \times f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}} = \frac{(1570 + 791 + 565 + 1407) \times (46 + 0)}{(1570 + 791 + 565 + 1407)} = 46 \text{ mm}$$

El valor de la resistencia del muro se determina por la misma tabla que en los pilares, la tabla C.2 Elementos a compresión (tabla 35), entrando por la columna de muro expuesto a una cara. Se debe tener en cuenta que el valor de la distancia mínima equivalente no puede ser menor que el estimado en la tabla para su espesor. En el caso del muro, para su espesor (25cm) se requiere una distancia mínima al eje de 50mm, por lo que la resistencia al fuego es de R180.

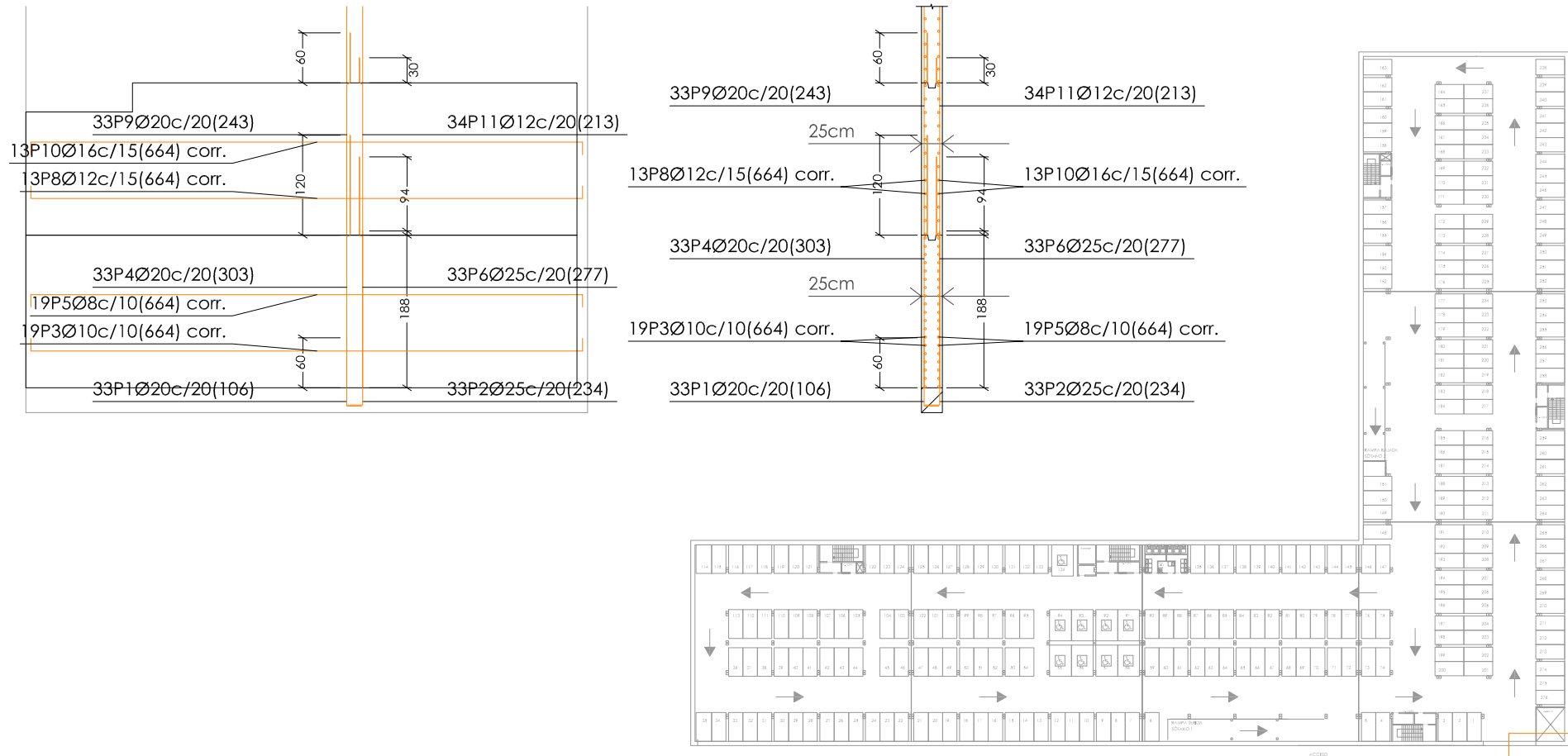
Resistencia al fuego	Lado menor o espesor b_{\min} /Distancia mínima equivalente		
	Soportes	Muro de carga expuesto por una cara	Muro de carga expuesto por ambas caras
R30	150/15 ⁽²⁾	100/15 ⁽³⁾	120/15
R60	200/20 ⁽²⁾	120/15 ⁽³⁾	140/15
R90	250/30	140/20 ⁽³⁾	160/25
R120	250/40	160/25 ⁽³⁾	180/35
R180	350/45	200/40 ⁽³⁾	250/45
R240	400/50	250/50 ⁽³⁾	300/50

(1) Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

(2) Los soportes ejecutados en obra deben tener, de acuerdo con la EHE, una dimensión mínima de 250 mm

(3) La resistencia al fuego aportada se puede considerar REI

TABLA 35. Tabla C.2. Anejo C DB SI



6.2.3 MURO OBJETO DE ESTUDIO
Escala 1:75 - 1:1000

6.2.4 ANALISIS DEL FORJADO:

Para el cálculo de la resistencia del forjado, al igual que en el muro, se emplea el valor $\eta_{fi}=0,7$, pues para obtener los momentos máximos del forjado habría que estudiar nudo por nudo el momento que estos tienen, y luego comparar cual es el que contiene el momento máximo. Para estos casos tan complejos es mejor emplear dicho valor.

Como se ha comentado anteriormente, el forjado es un forjado reticular de casetones perdidos, formado por nervios de $\varnothing 10$, un ancho mínimo de 100mm, y tiene un canto de 30+5cm.

Sabiendo que los nervios son de $\varnothing 10$, y que la distancia mínima a_{si} es $r+\varnothing/2=30+5=35$ mm, puede aplicarse la fórmula de la distancia mínima equivalente al eje, teniendo en cuenta, que al igual que en las vigas, el factor de corrección de debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego, Δa_{si} es igual a -5. (Obtenido de la tabla C.1 Valores de Δa_{si})

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \times f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}} = \frac{4 \times 78,5 \times (35 - 5)}{4 \times 78,5} = 35 \text{ mm}$$

La tabla C.5 Forjados bidirecciones (Tabla 34), establece la resistencia de los forjados reticulares en función del ancho de nervio y de la distancia mínima equivalente al eje, por lo que la resistencia para este forjado es de R60.

Tabla C.5 Forjados bidireccionales

Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje $a_m^{(1)}$ (mm)			Espesor mínimo h_{min} (mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	
REI 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	60
REI 60	100 / 30	150 / 25	200 / 20	80
REI 90	120 / 40	200 / 30	250 / 25	100
REI 120	160 / 50	250 / 40	300 / 35	120
REI 180	200 / 70	300 / 60	400 / 55	150
REI 240	250 / 90	350 / 75	500 / 70	175

⁽¹⁾ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

TABLA 36. Tabla C.5 Anejo C DB SI

6.2.5 CUADRO RESUMEN:

En la siguiente tabla se recoge los resultados obtenidos en la comprobación, así como la resistencia exigida según su categoría de uso, para poder establecer su cumplimiento.

Elemento	d_{min}	a_{si}	Resistencia	R exigida
Viga 19	350	41	R120	
Viga 59	350	41	R120	
Pilar 116	400	44	R120	
Pilar 89	300	46	R120	R120
Muro 6	250	46	R180	
Forjado	100 (ancho nervio)	35	R60	

TABLA 37. Cuadro resumen

Como se observa, el forjado es el único elemento que no cumple con la resistencia exigida por el código técnico, por eso, a continuación se vuelven a comprobar para ver si aplicando el Euro Código EC2 se obtiene un resultado distinto.

6.3 ANALISIS MEDIANTE EL EUROCÓDIGO EC-2

Otro método de comprobación de estructura frente al fuego es según el EC2-1-2:2004, que aporta una solución avalada por la experiencia, estudios teóricos y ensayos experimentales para una resistencia al fuego estándar.

A continuación se va a analizar los elementos anteriores que no cumplen con el código técnico.

6.3.1 FORJADO:

Para el cálculo de la resistencia del forjado, establece una tabla (tabla 38), en la que la resistencia también depende del ancho mínimo del nervio y la distancia al eje.

Rescatando datos el apartado anterior se sabe que, el ancho mínimo del nervio es de 100mm y que la distancia equivalente al eje es de 35mm.

Resistencia al fuego estándar	Dimensiones mínimas			
	Combinaciones posibles de a y b _{min} , a distancia equivalente al eje b _{min} ancho del nervio			Espesor del forjado h _s y distancia al eje en el flanco
1	2	3	4	5
R30	b _{min} = 80			h _s = 80
	a = 15			a = 10*
R60	b _{min} = 100	120	≥200	h _s = 80
	a = 35	25	15*	a = 10*
R90	b _{min} = 120	160	≥250	h _s = 100
	a = 45	40	30	a = 15*
R120	b _{min} = 160	190	≥300	h _s = 120
	a = 60	55	40	a = 20
R180	b _{min} = 220	260	≥410	h _s = 150
	a = 75	70	60	a = 30
R240	b _{min} = 280	350	≥500	h _s = 175
	a = 90	75	70	a = 40

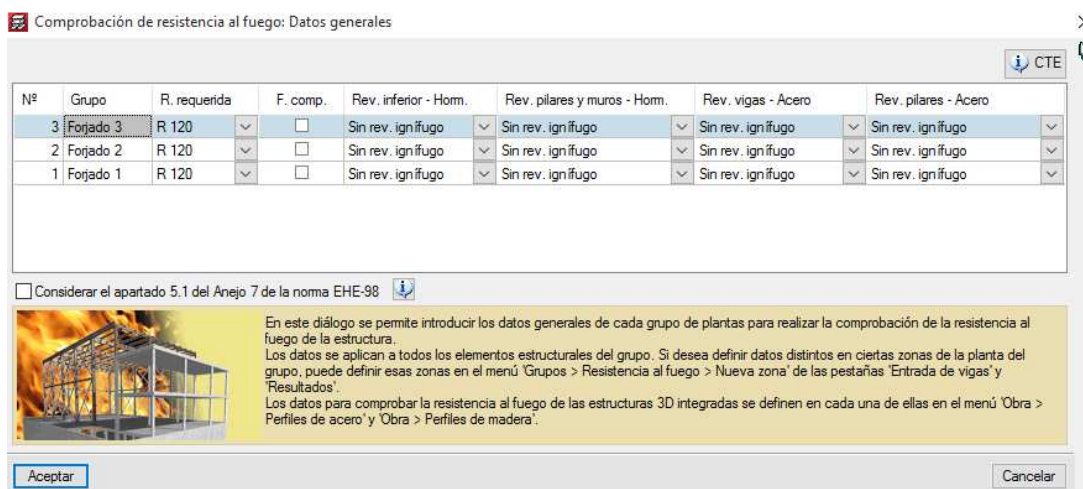
a_{sd} = a + 10 mm
 a_{sd} es la distancia entre el eje de la armadura del nervio y la superficie mas cercana expuesta al fuego
 * El recubrimiento por durabilidad suele ser mayor

TABLA 38. Dimensiones mínimas Ribbed Slabs EC2

La resistencia obtenida para el forjado es la misma que la obtenida para los cálculos realizados con el CTE, siendo R60.

6.4 ANALISIS MEDIANTE CYPE

Como se ha comentado, la estructura ha sido introducida en Cype, con el fin de arrojar también los resultados de las resistencias al fuego de los elementos estructurales. Una vez calculada la estructura, este programa ofrece un listado de obra de comprobación al fuego, pero para eso, previo al cálculo se le debe indicar al programa que quiere realizarse dicha comprobación. Esto se realiza desde Obra→Datos Generales→Comprobación a fuego, donde inmediatamente se abre una ventana (Fotografía 19) en la que se debe insertar la resistencia mínima que se le exige, en este caso R120, y si los elementos llevan algún tipo de revestimiento contra el fuego. Como la estructura anteriormente no ha sido calculada con ningún revestimiento, estos cálculos se realizan dejando estas pestañas como están, sin revestimiento ignifugo.



Fotografía 19. Ventana CYPECAD comprobación de la resistencia al fuego

Una vez calculada la obra, el programa arroja los siguientes resultados:

Elemento	Ubicación	B_{min} (mm)	a_{min} (mm)	Cumple
VIGA 19	Forjado 2	350	35	Cumple
VIGA 59	Forjado 2	350	35	Cumple
PILAR116	Cim – F1	400	45	Cumple
PILAR 89	Cim – F1	300	47	Cumple
MURO 6	Cim – F1	250	50**	Cumple
FORJADO	Forjado 2	100	30	No cumple

TABLA 39. Resultados obtenidos con CYPE

**El programa determina 50mm para dicho espesor de muro, pues es lo exigido en el código técnico.

Al igual que en los métodos anteriores, el forjado no cumple la resistencia exigida, es por ello que en el apartado 8 se proponen mejoras para el cumplimiento de este.

6.5 POSIBLES DAÑOS EN LA ESTRUCTURA

Una vez analizada la estructura, se analizan los posibles daños que se pueden ocasionar en una situación de incendio.

Como se ha dicho durante toda la memoria, la estructura a analizar es una estructura de hormigón armado. El hormigón es uno de los materiales por excelencia en el mundo de la construcción, no solo por su coste, y su velocidad de construcción, sino porque es un material capaz de resistir al fuego sin ninguna protección y que contiene las siguientes cualidades:

- Es un material auto portante, es decir, es capaz de soportar todo el peso del apilamiento sin sufrir ningún deterioro, y además es capaz de soportar la acción de fuego, que pertenece invariable conforme pasa el tiempo.
- El hormigón por si solo supone una protección al fuego económica y de fácil comprobación.
- Las estructuras de hormigón, cuando se someten a fuego, resisten el tiempo suficiente para poder realizar la evacuación de todos los ocupantes y así poder actuar los bomberos.
- El hormigón es un material que carece de deformaciones excesivas cuando se somete a altas temperaturas.
- Es un material no combustible, es decir, no facilita la propagación del fuego.
- En comparación con otros materiales, se puede rociar con agua pues no tiene ningún problema.
- Es un material, que después de un incendio, su reparación puede suponer un coste bajo, dependiendo de la temperatura alcanzada.
- El hormigón empleado en los elementos de compartimentación, limita el área afectada por el incendio, facilitando la extinción del mismo y limitando los daños.
- El hormigón no produce humo ni gases tóxicos, reduciendo el riesgo de las personas y de polución medioambiental y contribuyendo a una construcción más sostenible.
- Las estructuras de hormigón ofrecen una elevada robustez en su comportamiento frente al fuego, facilitando la lucha contra el incendio en condiciones de estabilidad estructural, reduciendo el riesgo de colapso aún en condiciones de fuegos muy severos y evitando los elevados daños, propios y colaterales, que producen el derrumbamiento de un edificio

La tabla siguiente, extraída del Documento "Seguridad y protección completa frente al fuego con hormigón" de la Plataforma Europea del

hormigón, establece cómo los materiales más habituales empleados para construir las estructuras de los edificios, se caracterizan por su comportamiento en condiciones de incendio, en la que se puede ver el cumplimiento de algunas cualidades descritas anteriormente.

	Madera	Acero	Hormigón
Resistencia al fuego sin protección	Muy baja	Baja	Alta
Combustibilidad	Alta	Ninguna	Ninguna
Contribución a la carga de fuego	Alta	Ninguna	Ninguna
Conductividad del calor	Baja	Muy alta	Muy baja
Incorpora protección frente al fuego	Muy baja	Baja	Alta
Posibilidad de reparación después del fuego	Ninguna	Baja	Alta
Protección para los usuarios durante la evacuación y los bomberos	Baja	Baja	Alta

Tabla 40. Comportamiento de materiales

Cuando el hormigón está sometido a la acción del fuego, sus componentes sufren cambios importantes.

A partir de los 100 °C el agua capilar incluida en el hormigón empieza a evaporarse retardando el calentamiento de este. Entre 200 °C y 300 °C la pérdida de esta agua es completa, aunque aún no se aprecien alteraciones en la estructura. Entre 300 °C y 400 °C se produce una pérdida de agua del cemento, empezando a disminuir la resistencia y apareciendo las primeras fisuras superficiales, siendo a los 400 °C cuando una parte del hidróxido cálcico, procedente de la hidratación de los silicatos, se transforma en cal viva.

A los 600 °C los áridos, se expanden a diferentes intensidades, pues cada uno tiene un coeficiente de dilatación térmica diferente, dando lugar a tensiones internas que empiezan a disgregar el hormigón.

El hormigón, conforme se va sometiendo a temperaturas altas, va sufriendo una serie de cambios de color, especialmente si los áridos son silicios. Así pues:

- A los 200 °C el hormigón es de color gris, y apenas se pueden apreciar cambios, solo existe una pequeña pérdida de resistencia a compresión, que a los 300 °C puede valorarse por término medio en un 10%.
- De 300 °C a 600 °C, el color varía de rosa a rojo, bajando la resistencia a compresión hasta un 50% y la de tracción prácticamente a un 0%. Entre estas temperaturas, el módulo de elasticidad del hormigón puede disminuir hasta un 80%. El cemento empieza a perder agua, y aparecen fisuras superficiales, además entre los 400 °C y 600 °C, el hormigón produce desprendimientos de cal viva.
- Entre 600 °C y 950 °C, el hormigón cambia de rojizo a gris, disminuyendo la resistencia a compresión hasta un 20% aproximadamente. Los áridos se expanden y el hormigón comienza a volverse poroso, y llegando a perder un 90% de su resistencia, siendo necesaria su total sustitución para garantizar la estabilidad superficial.

- De 950 °C hasta los 1000°C, el color cambia a amarillo anaranjado y empieza a sintetizarse.
- Entre 1000 °C y 1200 °C, el hormigón cambia a amarillo claro, anulando sus resistencias y deshaciéndose con facilidad.

Estos cambios de colores son apreciables siempre y cuando la estructura no haya estado sometida a temperaturas de más de 600 °C y haya actuado posteriormente agua sobre esta. Si la temperatura del incendio no ha superado los 500 °C el hormigón puede sufrir una rehidratación posterior y hacerle ganar en un año el 90% de su resistencia inicial.

En el siguiente cuadro se puede observar cómo influye la temperatura sobre la pérdida de resistencia y el módulo de elasticidad, que queda muy afectado con la acción del fuego, sobre todo si forma parte de elementos de pequeño espesor, como pueden ser forjados y losas.

Temperatura °C	Color del hormigón	Resistencia a compresión residual (%)	Módulo de elasticidad residual (%)
20	Gris	100	100
200	Gris	95	70
300	Rosa	95	50
400	Rosa	80	38
500	Rosa	75	35
600	Rojo	55	20
900	Gris-rojizo	10	0
1.000	Amarillo-anaranjado	0	0

TABLA 40. Cuadro 11.4 Hormigón. Manuel Fernandez Cánovas

Existe un ensayo realizado para el comportamiento al fuego de hormigones compuestos por áridos silíceos, calizos y ligeros, a una temperatura entre 70°C y 200°C, en los que se mide la resistencia a compresión, módulo de elasticidad, conductividad térmica y calor específico, en las que algunas probetas se sometieron a precargas, que tiene como conclusión que los elementos sometidos a precargas favorecen a la resistencia a compresión. Además, confirma que los hormigones con áridos calizos y ligeros se comportan mejor que los que contienen áridos silíceos, así pues, los hormigones con áridos calizos tenían un 50% de resistencia, el de áridos ligeros un 41%, y el de silíceos un 18%. El módulo de elasticidad sufre casi lo mismo, pues la resistencia a compresión se reduce al 68% en áridos calizos, al 45% para ligeros, y 31% para los silíceos.



Fotografía 20. Resultado de incendio Fotografía 21. Fisuras superficiales del hormigón

6.5.1 POSIBLES DAÑOS DEL FUEGO:

El fuego puede ocasionar en la estructura pérdidas de adherencia, pérdidas de espesor de recubrimiento, disminución de propiedades...

En los pilares, las barras se dilatan, pandean y hacen saltar los recubrimientos dando lugar a que la resistencia de los mismos disminuya tanto que pueda producirse el colapso de estos. Además de esto el acero sufre una pérdida apreciable de resistencia, lo que provoca que el hormigón quede sobrecargado pudiendo llegar a alcanzar la resistencia última y colapsar. Por otra parte la dilatación de las vigas ocasiona un aumento de esfuerzos, y momentos adicionales no previstos en los pilares pudiendo agotarse. Un aspecto importante es que estos efectos pueden aparecer diferidos en el tiempo, por lo que resulta vital vigilar la evolución posterior al incendio de la estructura.



Fotografía 22. Pilar después de un incendio

En las vigas, aparecen fisuras de retracción por la dilatación y posteriormente se acortan; también aparecen fisuras de flexión o cortante por la dilatación de las barras de armado de las vigas. Por otro lado el agotamiento de un pilar o rotura en continuidad de alguna viga puede ocasionar movimientos horizontales que provoquen estas fisuras.



Fotografía 23. Vigas después de un incendio

En los forjados, debido a su pequeño espesor y recubrimiento, la armadura sufre más que en las vigas o pilares. La dilatación del acero en las zonas de momento positivos provoca el desprendimiento del hormigón y pérdida de adherencia de las barras. La acción combinada de estos factores provoca flechas inmensas en forjados, formación de huecos ovalados en el centro del mismo, e incluso hundimientos encima del lugar ocupado por los focos caloríficos.



Fotografía 24. Forjado reticular después de un incendio

PERDIDA DE CARACTERISTICAS:

Al someter la estructura a un fuego el hormigón disminuye sus propiedades, y el acero pierde completamente sus características cuando la temperatura supera los 250°C

PERDIDA DE ADHERENCIA:

Este daño puede producirse cuando en la estructura aparecen coqueas o defectos en ella, dejando que la temperatura alta provocada por el fuego llegue al acero. Se conoce que el acero es mejor conductor térmico que el hormigón, por lo que si se calienta un trozo de barra, se calienta la barra entera, dilatando así toda ella. El hormigón al no estar a la misma temperatura en todos los puntos de la estructura, y estar en contacto con el acero puede

producir fisuras y desprendimientos. Además, durante el periodo de enfriamiento se puede provocar un salto térmico, provocando pérdida de adherencia.

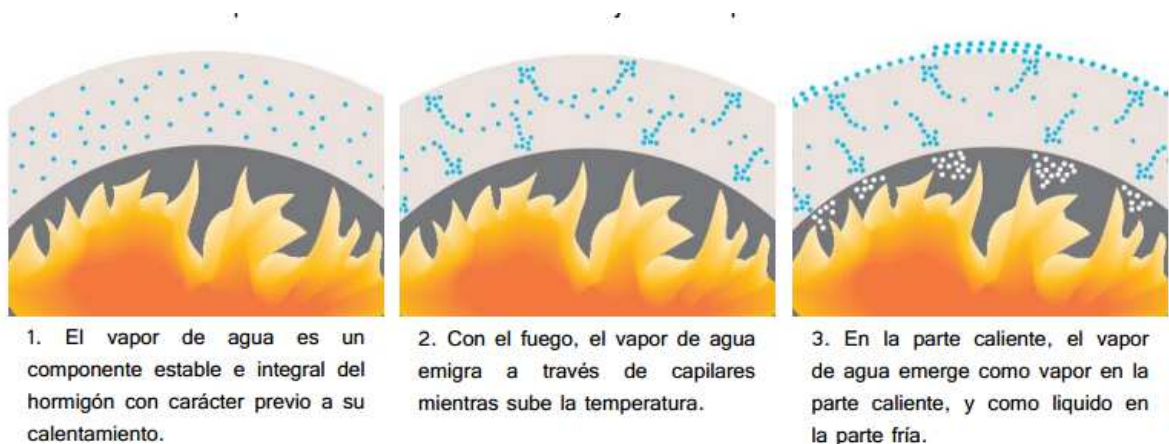
La rotura del hormigón por adherencia se produce con el enfriamiento, es decir, cuando ya no hay humo, por tanto, las grietas aparecidas son blancas, porque la superficie interior no está ahumada.



Fotografía 25. Proceso de pérdida de adherencia

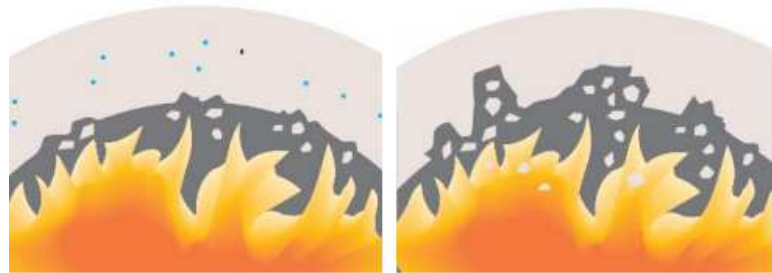
SPALLING:

El spalling es el fenómeno que produce desconchamientos en el hormigón al ser calentado. Como se sabe, el hormigón está compuesto por agua, agua que se evapora a través de los poros de este cuando está en contacto con altas temperaturas. La diferencia de temperatura entre el agua evaporada y la que todavía existe en el elemento produce desconchamientos mientras se seca el hormigón.



Fotografía 26. Proceso Spalling

Cuando el agua se evapora, esta no puede escapar fácilmente del elemento, provocando así que aumente la presión. El spalling comienza cuando la presión del hormigón es superior a la resistencia.



4. El hormigón se deseca y empieza a "desconcharse".

5. El desconchamiento se hace mas grave a medida que el fuego avanza, dejando expuestos los refuerzos.

Fotografía 27. Proceso Spalling

Al producirse este efecto aparecen coqueras en la estructura, por lo que el hormigón fresco se expone de golpe a temperaturas altas, lo que hace que el efecto aumente su velocidad.



Fotografía 28. Coqueras en el hormigón

Durante los primeros 7-30 minutos se produce este efecto en los áridos y en la capa superficial. El efecto en los áridos hace que se produzcan sonidos de desprendimientos, teniendo solo una importancia superficial, debido a la expansión y difusividad térmica de estos, y la humedad que estos tienen. Pero cuando el efecto se produce en la capa superficial, aparecen fracturas en ella, con un nivel de importancia preocupante produciendo un sonido de fractura del elemento, siendo su factor principal la resistencia a tracción del hormigón, y el armado que este lleva.

Además durante esos minutos se produce un spalling explosivo, siendo su sonido una explosión, es la fase más preocupante y peligrosa de un incendio, ya que no sólo supone un daño importante para la estructura, si no que puede producirse cuando todavía existan personas en el edificio o estén

los equipos de extinción y rescate. El hormigón desprendido explosionado es una lluvia de escombros, pudiendo provocar lesiones y bloqueando las vías de salida. Se dificultan en gran medida la evacuación de personas y el trabajo de los equipos de extinción de incendios.

Durante los 30-60 minutos, se produce el efecto en las esquinas, es difícil de reconocer pues no produce ningún sonido.

Todas estas fases dependen de las características del material (impermeabilidad, tamaño y naturaleza de los áridos, presencia de fisuras...), de la geometría de la sección y de las condiciones exteriores como la velocidad de calentamiento y el nivel de carga.

Existen varias opciones para prevenir este efecto, entre ellas, la adición de fibras de polipropileno, ya que a partir de los 170°C se funden, reduciendo la tensión de los poros, y facilitando la salida del vapor del agua al exterior.

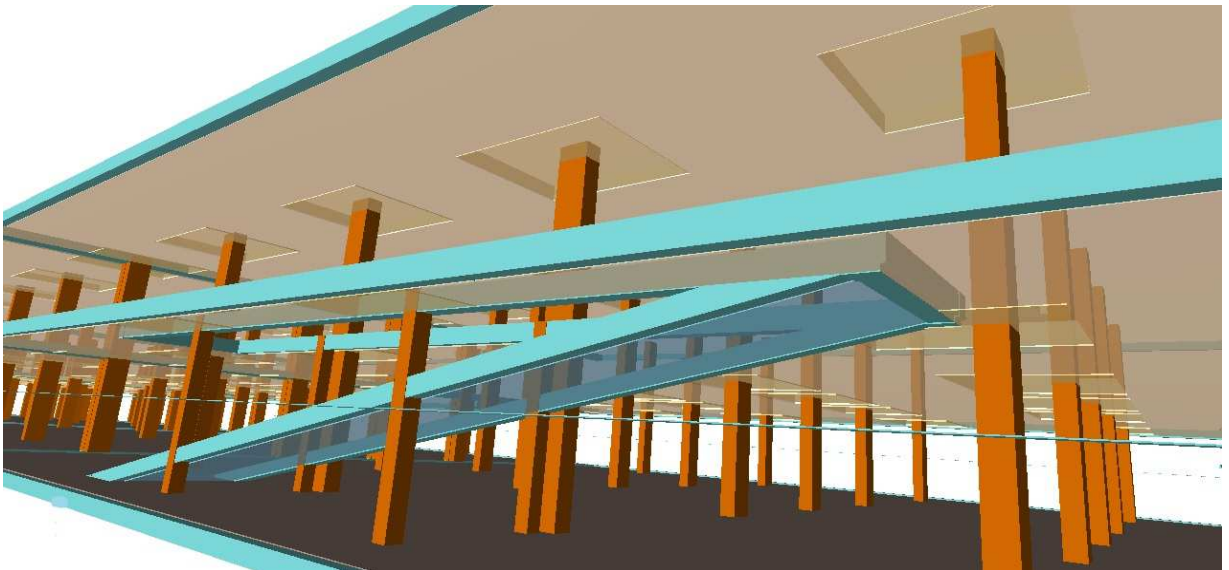


Fotografía 29. Fibras de polipropileno

O como puede ser también, la reducción del contenido de la humedad hasta un 3% para así cumplir con las clases de exposición I del EHE-08, emplear áridos de baja expansión térmica y tamaño reducido, o colocar una barrera térmica de protección al hormigón, entre otros.

7

PROPUESTA DE MEJORA



7. PROPUESTA DE MEJORAS

En este apartado se analizan propuestas de mejora para aquellos elementos estructurales que no cumplen la resistencia al fuego exigida por el Código Técnico de la Edificación.

7.1 MORTERO IGNIFUGO:

El mortero ignifugo es una alternativa de protección a base de perlita vermiculita, yeso, cemento y lana de roca.

La lana de roca es un producto mineral, no orgánico e incombustible, que tiene una gran capacidad protectora de aislamiento térmico, por lo que no contribuye a la propagación del incendio. La perlita es una roca volcánica que soporta una temperatura de 500°C, a partir de la cual se produce la fusión del metal. La vermiculita es muy estable hasta 750°C, pero cuando supera esa temperatura desprende vapor de agua.



Fotografía 30. Mortero ignífugo aplicado

Lo que se realiza al colocar este mortero, es aumentar el espesor de los elementos estructurales provocando que el tiempo en el que el fuego llega al hormigón aumente. Este mortero puede aumentar la resistencia al fuego hasta 240 minutos.

El código técnico, en su anejo C del DB SI establece que para alcanzar la resistencia al fuego exigida puede colocarse una capa adicional. Para el revestimiento de mortero ignifugo no nombra un espesor adicional, por lo que se debe buscar en la ficha técnica del producto. Uno de tantos fabricantes, desarrolla una tabla de espesores adicionales para una capa de mortero de 11mm.

Tabla (4) espesor mortero PERLIFOC		
Espesor de capa de protección mortero	PERLIFOC (11 mm.)	PERLIFOC (18 mm.)
	Espesor equivalente de hormigón (h_a) (a)	Espesor equivalente de hormigón (h_a) (a)
REI 30	7 mm	52 mm
REI 60	14 mm	61 mm
REI 90	18 mm	70 mm
REI 120	21 mm	75 mm
REI 180	23 mm	81 mm
REI 240	28 mm	81 mm

TABLA 41. Espesores equivalentes

Esta tabla depende de la resistencia que se desee obtener. El valor del espesor equivalente se debe de sumar a la distancia al eje de cada una de las armaduras a_{si} . Como el único elemento que no cumple con la resistencia exigida es el forjado, se comprueba si añadiendo el mortero aumenta.

Recopilando datos anteriores, el forjado está compuesto por nervios de diámetro 10, con una distancia al eje de las armaduras de 40mm, al que se le debe añadir 21mm de espesor adicional para una resistencia R120.

Una vez se saben estos datos, se aplica la fórmula de la distancia mínima equivalente:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \times f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}} = \frac{4 \times 78.5 (40 - 5 + 21)}{4 \times 78.5} = 56 \text{ mm}$$

Tabla C.5 Forjados bidireccionales

Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje $a_m^{(1)}$ (mm)		
	Opción 1	Opción 2	Opción 3
REI 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10
REI 60	100 / 30	150 / 25	200 / 20
REI 90	120 / 40	200 / 30	250 / 25
REI 120	160 / 50	250 / 40	300 / 35
REI 180	200 / 70	300 / 60	400 / 55
REI 240	250 / 90	350 / 75	500 / 70

⁽¹⁾ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

TABLA 42. Tabla C-5 Forjados bidireccionales

En la tabla anterior, puede observarse, para una distancia mínima equivalente de 56mm, y una anchura de nervio de 100m, el forjado sigue teniendo una resistencia al fuego R60.

En caso de que cumpliera, el mortero ignifugo tiene un coste de 15,02 €/m², por lo que revestir el forjado con este mortero tendría un coste adicional de:

EHB	Cap.	Instalación contra incendios		208.989,78	208.989,78
IOJ025	Part. m ²	Protección pasiva contra incendios de estructura mediante proyección neumática de mortero ignífugo, reacción al fuego clase A1, hasta conseguir una resistencia al fuego de 120 minutos.	13.914,100	15,02	208.989,78
		Uds. Largo Ancho Alto Parcial Subtotal			
		Forjado 1 1 69111.92	6911.92	6.911,920	
		Forjado 2 1 7002.18	7002.18	7.002,180	

7.2 PINTURAS ABLATIVAS

Las pinturas ablativas son pinturas cerámicas presentadas en forma de pasta para la protección contra incendios, haciendo que aumente la estabilidad del elemento e incremente su resistencia y estabilidad frente al fuego.



Fotografía 30. Pintura ablativa aplicada

Es un material que, cuando percibe el calor del fuego, se dilata provocando que el tiempo en el que el fuego llega al hormigón de las losas aumente los siguientes minutos:

TEMPERATURA °C	TIEMPO (min)				
	R30	R60	R90	R120	R180
300	11	15	20	25	29
350	9	14	19	23	27
400	8	12	17	21	35
450	6	11	15	19	23
500	4	9	13	17	21
550	3	7	12	15	19
600	1	6	10	13	17
650	0	4	8	11	15

TABLA 43. Tiempo en el fuego llega al hormigón

El fabricante dispone de una tabla donde puede observarse cuantos mm de espesor deben colocarse para obtener la resistencia deseada en vigas, pilares y muro, siendo:

	R30	R60	R120	R180
Espe­sor medio (mm)	7	25	20	25

TABLA 44. Espesor para muros

El problema de esta pintura, es que según los ensayos realizados por el fabricante basándose en la norma UNE ENV 13381-3:2004, solo puede aplicarse en losas y muros expuestos al fuego a una sola cara y de hormigones de resistencia 40N/mm², al igual que en vigas y pilares expuestos a más de una cara y de hormigón de resistencia 35 N/mm², por lo que para esta estructura no serviría. En el caso de que estas sirvieran, la pintura tiene un coste de 17,50€/m², que aplicado al forjado, tendría un coste adicional de:

EHB	Cap.	Instalación contra incendios	243.635,90	243.635,90
IOJ-	Part.	m ² Protección pasiva contra incendios de estructura mediante revestimiento cerámico ablativo, para la protección contra el fuego de elementos de hormigón, para una resistencia R120	13.914,100	17,50 243.635,90
		Uds. Largo Ancho Alto Parcial Subtotal		
		Forjado 1 1 69111.92 6911.92 6.911,920		
		Forjado 2 1 7002.18 7002.18 7.002,180		

7.3 MORTERO DE YESO

El mortero de yeso, es un conglomerado de yeso, agua y arena, es menos resistente que otros morteros pero endurece rápidamente. El yeso es un material que cuando contiene menos de un 1% de materia orgánica se clasifica directamente como A1 (no contribución al fuego), por lo que aun viéndose afectado física y químicamente, se permite emplearse en cualquier espacio aun existiendo un riesgo de incendio alto.

El mortero de yeso tiene una buena resistencia al fuego debido a su composición, pues la presencia del agua hace que se consuma gran cantidad de calor antes de su descomposición a los 1450°C.

En consecuencia, ofrece una importante protección al elemento que lo contiene, salvándolo de los peligros iniciales debidos a las altas temperaturas, ya que su deshidratación lenta absorbe el calor en grandes cantidades, y la capa deshidratada protege a las capas inferiores.



Fotografía 31. Aplicación de mortero de yeso

Tal es su importancia, que el Código Técnico, en su Documento Básico Seguridad en caso de incendios, permite el uso de este mortero, considerando un espesor adicional de hormigón equivalente a 1,8 veces el espesor de su capa.

Es por eso, que si se aplica una capa de 15mm de espesor se debe de sumar 1,8x15 mm a la distancia mínima al eje para poder aplicar la fórmula de la distancia mínima equivalente:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \times f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}} = \frac{4 \times 78.5 (40 - 5 + (1,8 \times 15))}{4 \times 78.5} = 62 \text{ mm}$$

Tabla C.5 Forjados bidireccionales

Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje $a_m^{(1)}$ (mm)		
	Opción 1	Opción 2	Opción 3
REI 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10
REI 60	100 / 30	150 / 25	200 / 20
REI 90	120 / 40	200 / 30	250 / 25
REI 120	160 / 50	250 / 40	300 / 35
REI 180	200 / 70	300 / 60	400 / 55
REI 240	250 / 90	350 / 75	500 / 70

⁽¹⁾ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

TABLA 44. Tabla C-5 Forjados bidireccionales

En la tabla anterior, puede observarse que para una distancia mínima equivalente de 56mm, y una anchura de nervio de 100m, el forjado sigue teniendo una resistencia R60.

En caso de cumplimiento, el mortero de yeso tiene un coste de 11,30€/m² por lo que revestir el forjado tendría un coste adicional de:

EHB	Cap.	Instalación contra incendios	157229,33	157229,33				
RPG015	Part. m ²	Revestimiento de yeso de construcción, proyectado, a buena vista, sobre paramento horizontal, a más de 3 m de altura, previa colocación de malla antiálcalis en cambios de material, sin enlucir, de 15 mm de espesor, sin guarda vivos.	13.914,100	11,30 157229,33				
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Forjado 1	1	69111.92			6911.92	6.911,920
		Forjado 2	1	7002.18			7002.18	7.002,180

7.5 REDUCCION DEL TIEMPO EQUIVALENTE DE LA EXPOSICION AL FUEGO

El anejo B del CTE establece un método alternativo para obtener la resistencia al fuego de una estructura, que se considera suficiente si ésta resiste el tiempo equivalente de la exposición al fuego. El tiempo equivalente se calcula teniendo en cuenta las características geométricas y térmicas del sector, y puede emplearse como alternativa de la duración del incendio.

Para conocer el tiempo equivalente del garaje se aplica la fórmula establecida en este anejo, que depende de la densidad de la carga al fuego ($q_{f,d}$), y los coeficientes de conversión (k_b), de corrección (k_c) y de ventilación (w_f).

$$t_{e,d} = K_b \times W_f \times K_c \times Q_{f,d}$$

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN K_c

Este coeficiente depende del material estructural, y su valor se establece en la tabla B.1 (tabla 45).

Tabla B.1. Valores de k_c según el material estructural

Material de la sección transversal	k_c
Hormigón armado	1,0
Acero protegido	1,0
Acero sin proteger	13,7 · 0

TABLA 45. Tabla B.1 Anejo B CTE DB SI

DENSIDAD DE LA CARGA DEL FUEGO $Q_{F,D}$

Este valor se determina en función del valor característico de la carga de fuego del sector, de la probabilidad de activación y de las previsible consecuencias:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \times m \times \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times \delta_c$$

Donde:

$q_{f,k}$ es el valor característico de la densidad de carga del fuego

m Coeficiente de combustión

δ_{q1} es el coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tamaño

δ_{q2} es el coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al uso

$\delta_n = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$ es el coeficiente que tiene en cuenta las medidas activas voluntarias existentes

δ_c es el coeficiente de corrección según consecuencias del incendio

Valor característico de la densidad de carga del fuego $q_{f,k}$:

Es la suma del valor característica de la densidad de la carga del fuego permanente, correspondiente a los revestimientos, y la variable, correspondiente a la zona de uso previsto, que no seas zonas de riesgo especial. El cálculo se realiza sin ningún revestimiento por lo que $q_{f,k}$ solo depende de la densidad variable, establecida en la tabla B.6 del DB SI (Tabla 46)

Tabla B.6. Valores de densidad de carga de fuego variable característica según el uso previsto	
	Valor característico [MJ/m²]
Comercial	730
Residencial Vivienda	650
Hospitalario / Residencial Público	280
Administrativo	520
Docente	350
Pública Concurrencia (teatros, cines)	365
Aparcamiento	280

TABLA 46. Tabla B6 Anejo B CTE DB SI

Coeficiente de combustión m :

Es un coeficiente que tiene en cuenta la fracción del combustible que arde en el incendio, y depende del material empleado. En este caso, $m=1$ para colocarse al lado de la seguridad.

Coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tamaño δ_{q1} :

Este valor se obtiene de la tabla B.2 del DB SI (Tabla 47), buscando en la superficie del sector, que en este caso es de 7250m², por lo que se debe interpolar para tener el coeficiente, siendo este de 2.05

Tabla B.2. Valores del coeficiente δ_{q1} por el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector

Superficie del sector A_f [m ²]	Riesgo de iniciación δ_{q1}
<20	1,00
25	1,10
250	1,50
2 500	1,90
5 000	2,00
>10 000	2,13

TABLA 47. Tabla B2 Anejo B CTE DB SI

Coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al uso δ_{q2} :

Este valor se obtiene de la tabla B.2 del DB SI (Tabla 48), buscando en él el uso del sector

Tabla B.3. Valores del coeficiente δ_{q2} por el riesgo de iniciación debido al uso o actividad

Actividad	Riesgo de iniciación δ_{q2}
Vivienda, Administrativo, Residencial, Docente	1,00
Comercial, Aparcamiento, Hospitalario, Pública Concurrencia	1,25
Locales de riesgo especial bajo	1,25
Locales de riesgo especial medio	1,40
Locales de riesgo especial alto	1,60

TABLA 48. Tabla B3 Anejo B CTE DB SI

Coeficiente que tiene en cuenta las medidas activas voluntarias existentes $\delta_n = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$

Como se ha descrito en el apartado 5, el garaje tiene instalado:

- Extintores portátiles cada 15m de recorrido, como máximo, y tienen una eficacia 21^a-113B.
- Bocas de incendio equipadas, con una longitud capaz de alcanzar todo origen de evacuación.
- Sistema de detección de incendio, con aparatos detectores de CO.
- Hidrantes exteriores, no se instalan ya que la universidad dispone de ellos.

Como el garaje no dispone de extinción automática $\delta_n = \delta_1 \times \delta_2$

Tabla B.4. Valores de los coeficientes $\delta_{n,i}$ según las medidas activas existentes

Detección automática $\delta_{n,1}$	Alarma automática a bomberos $\delta_{n,2}$	Extinción automática $\delta_{n,3}$
0,87	0,87	0,61

TABLA 49. Tabla B4 Anejo B CTE DB SI

$$\delta_n = \delta_1 \times \delta_2 = 0.87 \times 0.87 = 0.7569$$

Coeficiente de corrección según consecuencias del incendio δ_c

Este coeficiente depende de las alturas de evacuación del edificio:

Tabla B.5. Valores de δ_c por las posibles consecuencias del incendio, según la altura de evacuación del edificio

Altura de evacuación	δ_c
Edificios con altura de evacuación descendente de más de 28 m o ascendente de más de una planta.	2,0
Edificios con altura de evacuación descendente entre 15 y 28 m o ascendente hasta 2,8 m. Aparcamientos bajo otros usos.	1,5
Edificios con altura de evacuación descendente de menos 15 m o de uso Aparcamiento exclusivo	1,0

TABLA 49. Tabla B4 Anejo B CTE DB SI

Una vez establecidos los coeficientes, puede procederse a obtener el valor de la densidad de la carga al fuego:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \times \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \times \delta_c = 280 \times 2.05 \times 1.25 \times (0.87 \times 0.87) \times 1 = 543.07 \text{ MJ/m}^2$$

COEFICIENTE DE CONVERSION k_b :

Coeficiente de conversión de las propiedades térmicas de la envolvente del sector. El código técnico establece que puede emplearse 0.07.

COEFICIENTE DE VENTILACION w_f :

Es el coeficiente de ventilación en función de la forma y el tamaño del sector, que lo establece la siguiente fórmula:

$$W_f = \left(\frac{6}{H}\right)^{0.3} \times \frac{0.62 + 90 \times (0.4 - \alpha_v)^4}{1 + b_v + \alpha_h} \geq 0.5$$

α_v Es la relación entre la superficie de las aberturas en la fachada y la superficie del sector, que en este caso las aberturas de fachadas son la puerta de acceso de vehículos de 8.42x2.5m y las de acceso de personas que existen 5 de 1.00x2.10m, por lo que:

$$31.55/7250 = 4.35 \times 10^{-3}$$

α_h Es la relación entre la superficie de las aberturas en el techo y la superficie construida del suelo del sector.

La superficie de ventilación vertical es de 27.6m² para la natural, 2.66m² para la forzada y la del suelo es de 7250m², por lo que:

$$56.26/7250 = 7.76 \times 10^{-3}$$

$$b_v \text{ Es: } b_v = 12.5(1 + 10 \times \alpha_v - \alpha_v^2) \geq 12.5(1 + 10 \times 4.35 \times 10^{-3} - 4.35 \times 10^{-3}) = 13.04$$

H es la altura del sector de incendio, en este caso 7.30m

$$W_f = \left(\frac{6}{H}\right)^{0.3} x \frac{0.62 + 90x(0.4 - \alpha_v)^4}{1 + b_v + \alpha_h} \geq 0.5 = \left(\frac{6}{7.3}\right)^{0.3} x \frac{0.62 + 90x(0.4 - 4.35e - 3)^4}{1 + (13.04x7.76e - 3)} = 2.49$$

Una vez obtenidos todos los datos, se puede calcular el tiempo equivalente previsto para el garaje:

$$t_{e,d} = K_b x W_f x K_c x Q_{f,d} = 0.07x2.49x1x543.07 = 94.82min$$

La resistencia al fuego obtenida teniendo en cuenta las instalaciones de protección frente a incendios, así como las características geométricas y térmicas del sector, es de R94.82, por lo que todos los elementos que cumplen con la resistencia R120, están del lado de la seguridad.

7.6 ANALISIS DE MEJORA:

Como se ha visto en el punto anterior, la resistencia al fuego exigida al garaje considerando las instalaciones contra el fuego y la geometría y materiales de éste, es de R94, por lo que lo único que sigue sin cumplir es el forjado, es por esto que se opta por cambiarlo, pues es la opción más económica. Si ninguno de los elementos cumpliera, debería de mirarse que opción es la más aconsejable para cada tipo de proyecto, pues la pintura es un poco más cara que el mortero ignífugo, pero tiene un tiempo de ejecución mucho menor. En la mayoría de las obras la única opción es la más barata, por lo que debería elegirse el mortero ignífugo.

Para obtener la resistencia exigida en el forjado, se decide cambiar la anchura del nervio mínimo a 160mm, por lo que quedaría una distancia mínima al eje de 35mm. Se debe comprobar que, para este nuevo valor la resistencia es la correcta, por ello, se recurre a la tabla del código técnico (Tabla 50)

Tabla C.5 Forjados bidireccionales

Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m ⁽¹⁾ (mm)			Espesor mínimo h_{min} (mm)
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	
REI 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10	60
REI 60	100 / 30	150 / 25	200 / 20	80
REI 90	120 / 40	200 / 30	250 / 25	100
REI 120	160 / 50	250 / 40	300 / 35	120
REI 180	200 / 70	300 / 60	400 / 55	150
REI 240	250 / 90	350 / 75	500 / 70	175

⁽¹⁾ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

TABLA 50. Tabla C-5 Forjados bidireccionales

Como se puede observar, para el nuevo ancho, la distancia mínima al eje exigida es de 50mm, por lo que no cumple esta nueva opción. Se comprueba si colocando una capa de yeso de 15mm cumple con la

resistencia exigida, pues como se ha visto anteriormente, es el material más económico.

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \times f_{yki} (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}} = \frac{4 \times 78.5 (40 - 5 + (1,8 \times 15))}{4 \times 78.5} = 62 \text{ mm}$$

Tabla C.5 Forjados bidireccionales

Resistencia al fuego	Anchura de nervio mínimo b_{\min} / Distancia mínima equivalente al eje a_m ⁽¹⁾ (mm)		
	Opción 1	Opción 2	Opción 3
REI 30	80 / 20	120 / 15	200 / 10
REI 60	100 / 30	150 / 25	200 / 20
REI 90	120 / 40	200 / 30	250 / 25
REI 120	160 / 50	250 / 40	300 / 35
REI 180	200 / 70	300 / 60	400 / 55
REI 240	250 / 90	350 / 75	500 / 70

⁽¹⁾ Los recubrimientos por exigencias de durabilidad pueden requerir valores superiores.

TABLA 51. Tabla C-5 Forjados bidireccionales

La resistencia la fuego exigida con la capa de 15mm de yeso ha aumentado hasta R120. Añadir esta capa supone un coste adicional a la estructura de:

$$13.914,10 \text{ m}^2 \times 11,30 \text{ €/m}^2 = 157.229,33 \text{ €}$$

Por lo que el coste del forjado total sería de 1.182.141,94€

EHB	Cap	Sistemas de forjados	1.024.912,61	1.024.912,61	
EHB085	Part. m ²	Estructura de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, volumen total de hormigón 0,215 m ³ /m ² , y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 18,1 kg/m ² ; formada por: forjado reticular, horizontal, sobre sistema de encofrado continuo; nervios "in situ" de 16 cm, intereje 80 cm; sistema FOREL 30+5, para aligeramiento de forjado, con DIT del Instituto Eduardo Torroja n° 406R/10, compuesto por placas de EPS para zonas macizas y casetones de EPS moldeado, formados por módulos de base y tapa de 68x68x30 cm; malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compresión. Sin incluir repercusión de pilares.	13.914,100	73,66	1.024.912,61
		Uds. Largo Ancho Alto Parcial Subtotal			
		Forjado 1 1 69111.92	6911.92	6.911,920	
		Forjado 2 1 7002.18	7002.18	7.002,180	

RP	Cap.	Revestimientos y trasdosados	157229,33	157229,33
RPG015	Part. m ²	Revestimiento de yeso de construcción, proyectado, a buena vista, sobre paramento horizontal, a más de 3 m de altura, previa colocación de malla antiálcalis en cambios de material, sin enlucir, de 15 mm de espesor, sin guarda vivos.	13.914,100	11,30 157229,33
		Uds. Largo Ancho Alto Parcial Subtotal		
		Forjado 1 1 69111.92 6911.92 6.911,920		
		Forjado 2 1 7002.18 7002.18 7.002,180		

La opción de cambiar el diseño del forjado a una distancia al eje mayor, es decir, aumentando el recubrimiento, puede obtener realizando los cálculos a la inversa. Para una resistencia R120 hace falta una distancia mínima al eje de 50mm, por lo que:

$$a_m = \frac{\sum[A_{si} \times f_{yki}(a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \times f_{yki}}; 50 = \frac{4 \times 78.5((r + 5) - 5)}{4 \times 78.5}; r = 50mm$$

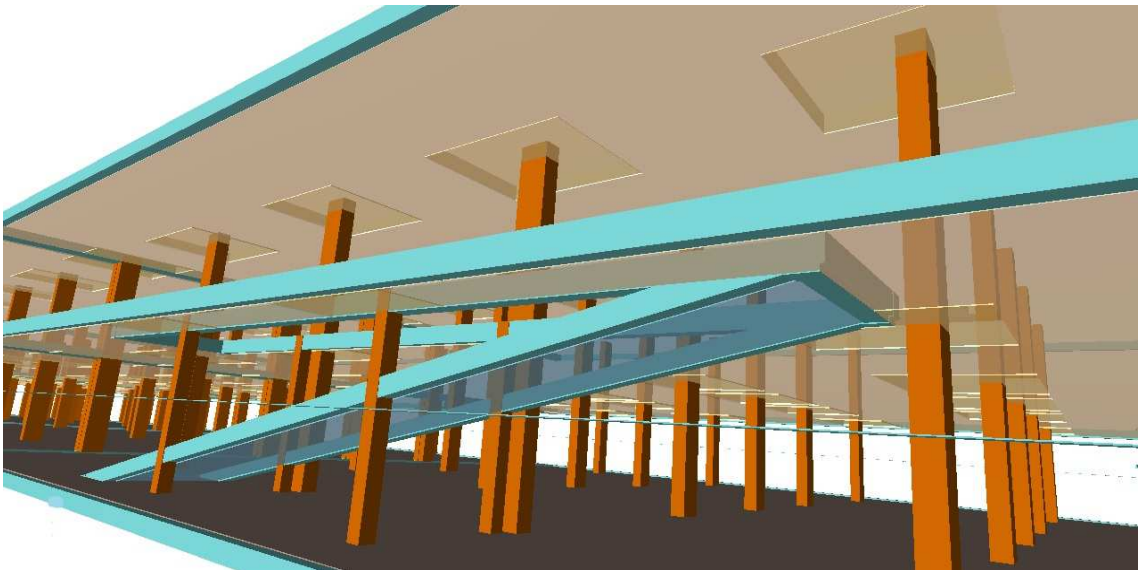
Sería necesario un recubrimiento de 50mm para cumplir la resistencia, este tipo de forjado tiene un coste de 1.204.126,21€.

EHB	Cap.	Sistemas de forjados	1.204.126,21	1.204.126,21
EHB085	Part. m ²	Forjado reticular de hormigón armado, horizontal, canto total 40 = 35+5 cm, con recubrimiento de 50mm, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido con bomba, volumen 0,28 m ³ /m ² , y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 15 kg/m ² ; sobre sistema de encofrado continuo; nervios "in situ" 16 cm, intereje 80 cm; casetón de poliestireno expandido, 64x64x35 cm; malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compresión; altura libre de planta de entre 3 y 4 m. Sin incluir repercusión de pilares	13.914,100	86,54 1.204.126,21
		Uds. Largo Ancho Alto Parcial Subtotal		
		Forjado 1 1 69111.92 6911.92 6.911,920		
		Forjado 2 1 7002.18 7002.18 7.002,180		

Al mirar la opción más económica, la solución final sería la opción uno correspondiente a un cambio de forjado con un ancho de nervio de 160mm y la aplicación de una capa de yeso en el.

8

VALORACIÓN ECONÓMICA



8. VALORACIÓN ECONÓMICA:

En este apartado, se muestra la valoración económica de los puntos analizados anteriormente, es decir, el siguiente presupuesto recoge los precios de las siguientes partidas:

Cap. 1 Cimentación

Cap. 2 Estructura

Cap. 3 Revestimientos y trasdosados

Cap. 4 Instalaciones contra incendios

8.1 CUADRO RESUMEN

Resumen		Importe (€)
Cap		
1	Cimentación	815.627,09 € 39,62%
2	Estructura	1.132.785,09 € 55,03%
3	Revestimientos y trasdosados	157.808,23 € 7,67%
4	Instalaciones	110.056,45 € 5,35%
PEM (Presupuesto de ejecución material)		2.058.468,63 €
Gastos Generales 13%		267.600,92 €
Beneficio Industrial 6%		123.508,12 €
Impuesto de Valor Añadida IVA 10%		244.957,77 €
PEC (Presupuesto de ejecución por contrata)		2.694.535,44 €

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad a dos millones, seiscientos noventa y cuatro mil, quinientos treinta y cinco con cuarenta y cuatro euros

8.2 PRESUPUESTO

CAP U		DESCRIPCION	Cant	Precio	Importe
				2.058.468,93	2.058.468,93
C	Cap	01 Cimentaciones		815.627,09	815.627,09
CR	Cap	01.01 Regularización		55.869,44	55.869,44
CRL030	Part	m ² Capa de hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.	7.208,960	7,75	55.869,44
		Uds. Largo Ancho Alto Parcial Subtotal			
		Cim 1 7.208,960		7.208,96	7.208,960
		CR		55.869,44	55.869,44
CC	Cap	01.02 Contenciones		240.124,82	240.124,82
CCS030	Part	m ³ Muro de sótano de hormigón armado 1C, H<=3 m, espesor 25 cm, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 383,7 kg/m ³ ; montaje y desmontaje del sistema de encofrado metálico, con acabado tipo industrial para revestir, localizado entre la cimentación y el forjado 1	261,660	423,67	110.857,49
		Uds. Largo Ancho Alto Parcial Subtotal			
		M2 1 27,420		27,420	
		M3 1 20,060		20,060	
		M4 1 8,590		8,590	
		M5 1 28,430		28,430	
		M7 1 24,860		24,860	
		M9 1 9,390		9,390	
		M1 1 8,410		8,410	
		M6 1 3,670		3,670	
		M2 1 27,420		27,420	
		M3 1 20,060		20,060	
		M4 1 8,590		8,590	
		M5 1 28,430		28,430	
		M7 1 24,860		24,860	
		M9 1 9,390		9,390	
		M1 1 3,670		3,670	
		M6 1 8,410		8,410	261,660
CCS030c	Part	m ³ Muro de sótano de hormigón armado 1C, 3<H<6 m, espesor 25 cm, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 456,4 kg/m ³ ; montaje y desmontaje del sistema de encofrado metálico, con acabado tipo industrial para revestir, localizado entre el forjado 1 y el 2	260,930	495,41	129.267,33
		Uds. Largo Ancho Alto Parcial Subtotal			
		M2 1 54,690		54,690	
		M3 1 40,010		40,010	
		M4 1 17,120		17,120	
		M5 1 56,700		56,700	

Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
 GARAJE PUBLICO UNIVERSIDAD JAUME I

			M7	1	49,590		49,590			
			M9	1	18,720		18,720			
			M1	1	7,320		7,320			
			M6	1	16,780		16,780	260,930		
			CC					240.124,82	240.124,82	
CS	Cap		01.03 Superficiales					519.271,05	519.271,0	
CSL030	Part	m³	Losas de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 295,9 kg/m³; acabado superficial liso mediante regla vibrante.				1.796,910		288,98	519.271,05
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			Cimentacion	1	1.796,910			1.796,910	1.796,910	
			CS					519.271,05	519.271,05	
CN	Cap		01.04 Nivelación					361,78	361,78	
CNE030	Part	m³	Enano de cimentación de hormigón armado, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 2323,4 kg/m³; montaje y desmontaje del sistema de encofrado recuperable metálico.				0,184		1.966,20	361,78
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			P171 y P172	2	0,300	0,300	1,020	0,184	0,184	
			CN					361,78	361,78	
			C					815.627,09	815.627,09	
E	Cap		02 Estructuras					1.132.785,0	1.132.785,0	
EH	Cap		02.01 Hormigón armado					1.132.785,0	1.132.785,0	
EHS020	Part	m³	Pilar de sección rectangular o cuadrada de hormigón armado, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 207,2 kg/m³; montaje y desmontaje del sistema de encofrado de chapas metálicas reutilizables, hasta 3,65 m de altura libre, entre la cimentación y el forjado 1				100,45		337,68	33920,29
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			P1	1	0,400	0,700	3,650	1,022		
			P2 - P87	2	0,400	0,700	3,650	2,044		
			P4 y P13	2	0,400	0,700	3,650	2,044		
			P5 y P101	2	0,400	0,700	3,650	2,044		
			P6, P12 y P106	3	0,400	0,700	3,650	3,066		
			P7, P99, P100 y P104	4	0,400	0,700	3,650	4,088		
			P8, P11, P14, P23, P93, P94, P98 y P107	8	0,400	0,700	3,650	8,176		
			P9, P10, P15 y P30	4	0,400	0,700	3,650	4,088		
			P16 y P122	2	0,400	0,700	3,650	2,044		
			P17	1	0,700	0,400	3,650	1,022		
			P20	1	0,400	0,700	3,650	1,022		
			P21, P43 y P86	3	0,400	0,700	3,650	3,066		

Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
 GARAJE PUBLICO UNIVERSIDAD JAUME I

P22 y P95	2	0,400	0,700	3,650	2,044
P25	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P26	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P31, P74 y P81	3	0,400	0,700	3,650	3,066
P37, P38, P73 y P96	4	0,400	0,700	3,650	4,088
P44	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P45	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P51	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P52, P58 y P59	3	0,400	0,700	3,650	3,066
P65	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P69 y P92	2	0,700	0,400	3,650	2,044
P79	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P88	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P97, P102 y P103	3	0,400	0,700	3,650	3,066
P105	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P108	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P109	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P110	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P113, P147 y P151	3	0,700	0,500	3,650	3,833
P114 y P139	2	0,700	0,400	3,650	2,044
P115, P116, P119, P120, P140, P141, P142, P144, P145 y P146	10	0,700	0,400	3,650	10,220
P117	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P118	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P121	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P125, P157 y P161	3	0,700	0,400	3,650	3,066
P126	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P129, P134 y P150	3	0,700	0,400	3,650	3,066
P130	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P133 y P160	2	0,700	0,400	3,650	2,044
P137	1	0,700	0,500	3,650	1,278
P138	1	0,300	0,300	3,650	0,329
P143	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P152	1	0,300	0,300	3,650	0,329
P156	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P164	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P165	1	0,700	0,400	3,650	1,022

Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
 GARAJE PUBLICO UNIVERSIDAD JAUME I

	P168	1	0,700	0,400	3,650	1,022			
	P169	1	0,300	0,300	3,650	0,329			
	P170	1	0,300	0,300	3,650	0,329			
EHS020b	Part	m³	Pilar de sección rectangular o cuadrada de hormigón armado, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 85,2 kg/m³; montaje y desmontaje del sistema de encofrado de chapas metálicas reutilizables, de 3,65 m de altura libre, situados entre el forjado 1 y 2				230,972	249,19	57.555,91
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
	P3, P24, P27, P28, P29, P32, P33, P34, P36, P39, P40, P41, P42, P48, P49, P50, P53, P54, P55, P57, P60, P61, P62, P63, P64, P66, P70, P71, P72, P75, P76, P77, P78, P82, P83, P84 y P85	37	0,400	0,700	3,650	37,814			
	P18, P19, P46, P47, P67, P68, P90, P91, P111, P112, P123, P124, P127, P128, P131, P132, P135, P136, P148, P149, P154, P155, P158, P159, P162, P163, P166 y P167	28	0,700	0,400	3,650	28,616			
	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P11, P12, P13, P14, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P27, P28, P29, P32, P33, P34, P36, P39, P40, P41, P42, P43, P44, P45, P48, P49, P50, P53, P54, P55, P57, P60, P61, P62, P63, P64, P65, P66, P70, P71, P72, P75, P76, P77, P78,	77	0,400	0,700	3,650	78,694			

Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
 GARAJE PUBLICO UNIVERSIDAD JAUME I

P82, P83, P84, P85, P86, P87, P88, P93, P94, P95, P98, P99, P100, P101, P104, P105, P106, P107, P108, P109, P110, P122, P126 y P130					
P9 y P10	2	0,400	0,700	3,650	2,044
P15, P51, P59, P97 y P103	5	0,400	0,700	3,650	5,110
P16	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P17, P18, P19, P46, P47, P67, P68, P69, P90, P91, P92, P111, P112, P113, P123, P124, P125, P127, P128, P129, P131, P132, P133, P134, P135, P136, P137, P147, P148, P149, P150, P151, P154, P155, P156, P157, P158, P159, P160, P161, P162, P163, P164, P165, P166, P167 y P168	47	0,700	0,400	3,650	48,034
P26	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P30	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P31	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P37	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P38	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P52	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P58	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P73 y P81	2	0,400	0,700	3,650	2,044
P74	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P79	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P96	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P102	1	0,400	0,700	3,650	1,022
P114 y P139	2	0,700	0,400	3,650	2,044
P115	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P116	1	0,700	0,400	3,650	1,022
P117, P118,	5	0,700	0,400	3,650	5,110

Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
 GARAJE PUBLICO UNIVERSIDAD JAUME I

			P121, P142 y P143								
			P119	1	0,700	0,400	3,650	1,022			
			P120, P144 y P145	3	0,700	0,400	3,650	3,066			
			P140 y P141	2	0,700	0,400	3,650	2,044			
			P146	1	0,700	0,400	3,650	1,022	230,972		
EHL030	Part	m ²	Losca maciza de hormigón armado, inclinada, canto 30 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 71,8 kg/m ² ; montaje y desmontaje del sistema de encofrado de madera; altura libre de planta de hasta 3 m. Sin incluir repercusión de pilares.						118,690	106,35	12.622,68
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			Forjado 1 - Rampa 2	1	59,530			59,530			
			Forjado 1 - Rampa 1	1	59,160			59,160	118,690		
EHB055	Part	m ²	Forjado reticular de hormigón armado, horizontal, canto total 35 cm, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, volumen 0,203 m ³ /m ² , y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 15,4 kg/m ² ; sobre sistema de encofrado continuo; nervios "in situ" 10 cm, intereje 70 cm; casetón de EPS moldeado, de 60x60x26,5 cm, modelo C265, del sistema Basenet "DALIFORMA"; malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compresión; altura libre de planta de hasta 3 m. Sin incluir repercusión de pilares.						6.937,530	74,68	
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			Forjado 1	1	6.937,530			6.937,530			
EHB055b	Part	m ²	Forjado reticular de hormigón armado, horizontal, canto total 35 cm, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, volumen 0,201 m ³ /m ² , y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 17,8 kg/m ² ; sobre sistema de encofrado continuo; nervios "in situ" 10 cm, intereje 70 cm; casetón de EPS moldeado, de 60x60x26,5 cm, modelo C265, del sistema Basenet "DALIFORMA"; malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compresión; altura libre de planta de entre 3 y 4 m. Sin incluir repercusión de pilares.						7.027,800	77,44	
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			Forjado 2	1	7.027,800			7.027,800			
EHB055	Part	m ²	Estructura de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, volumen total de hormigón 0,215 m ³ /m ² , y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 18,1 kg/m ² ; formada por: forjado reticular, horizontal, sobre sistema de encofrado continuo; nervios "in situ" de 16 cm, intereje 80 cm; sistema FOREL 30+5, para aligeramiento de forjado, con DIT del Instituto Eduardo Torroja nº 406R/10, compuesto por placas de EPS para zonas macizas y casetones de EPS moldeado, formados por módulos de base y tapa de 68x68x30 cm; malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compresión. Sin incluir repercusión de pilares.						13.965,330	73,66	1.028.686,21
				Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			Forjado 1	1	6.937,530			6.937,530	6.937,530		
			Forjado 2	1	7.027,800			7.027,800	7.027,800		

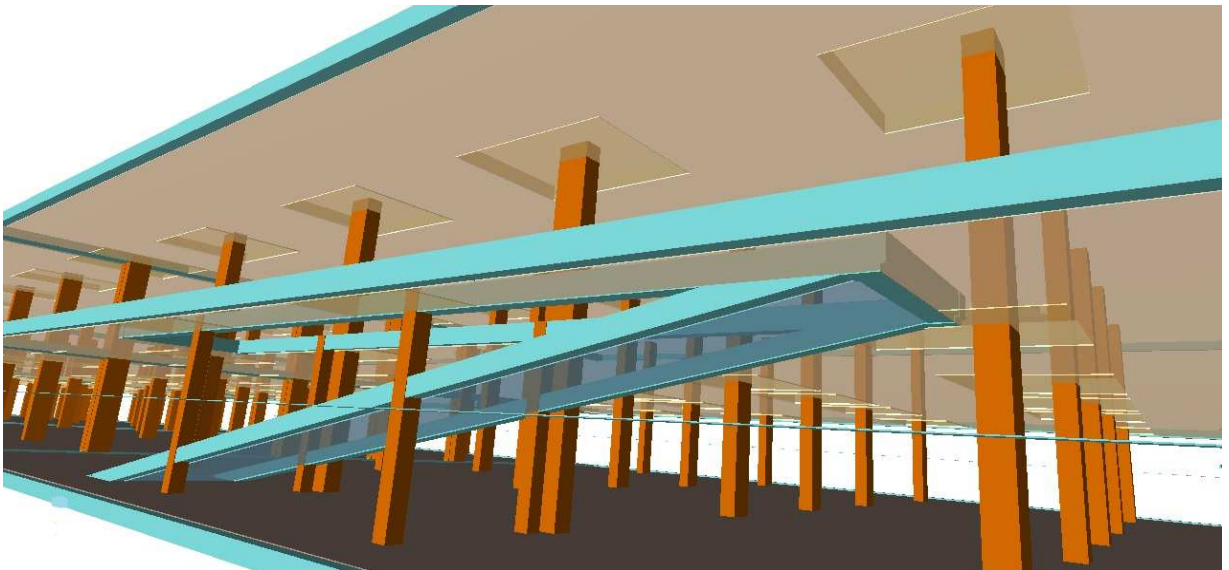
Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
GARAJE PUBLICO UNIVERSIDAD JAUME I

			EH						1.098.864,80	1.098.864,80
			E						1.098.864,80	1.098.864,80
R	Cap		03 Revestimientos y trasdosados						157.808,23	157.808,23
RP	Cap		03.01 Conglomerados tradicionales						157.808,23	157.808,23
RPG015	Part	m ²	Revestimiento de yeso de construcción, proyectado, a buena vista, sobre paramento horizontal, a más de 3 m de altura, previa colocación de malla antiálcalis en cambios de material, sin enlucir, de 15 mm de espesor, sin guarda vivos.					13.965,330	11,30	157.808,23
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			Forjado 1	1	6.937,530		6.937,530	6.937,530		
			Forjado 2	1	7.027,800		7.027,800	7.027,800		
			RP						157.808,23	157.808,23
			R						157.808,23	157.808,23
C	Cap		04 Instalaciones						110.056,45	110.056,45
CR	Cap		04.01 Instalacion contra incendios						110.056,45	110.056,45
IOA010	Part	ud	Luminaria de emergencia estanca, con tubo lineal fluorescente, 8 W - G5, flujo luminoso 240 lúmenes, carcasa de 405x134x134 mm, clase I, IP 65, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 1 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h.					30,000	125,27	3.758,10
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			30	1,000			30,000	30,000		
IOD001	Part	ud	Central de detección automática de incendios, convencional, microprocesada, de 2 zonas de detección, con caja metálica y tapa de ABS, con módulo de alimentación, rectificador de corriente y cargador de batería, panel de control con indicador de alarma y avería y conmutador de corte de zonas, según UNE 23007-2 y UNE 23007-4.					1,000	195,55	195,55
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			1	1,000			1,000	1,000		
IOD010	Part	ud	Sistema de detección y alarma, convencional, formado por central de detección automática de incendios de 2 zonas de detección, 454 detectores termovelocimétricos, 228 detectores ópticos de humos, 22 pulsadores de alarma, 3 sirenas interiores, sirena exterior y canalización de protección fija en superficie con tubo de PVC rígido, blindado, roscable, de color negro, con IP 547.					1,000	92.812,68	92.812,68
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			1	1,000			1,000	1,000		
IOS010	Part	ud	Placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x210 mm, según UNE 23033-1.					100,000	6,83	683,00
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			100	1,000			100,000	100,000		
IOS020	Part	ud	Placa de señalización de medios de evacuación, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x210 mm, según UNE 23033-1.					30,000	6,83	204,90
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
			30	1,000			30,000	30,000		

Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
 GARAJE PUBLICO UNIVERSIDAD JAUME I

IOX010	Part	ud	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente anti- fibra, con presión incorporada, de eficacia 21A- 144B-C, con 100 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, según UNE-EN 3.			88,000	45,36	3.991,68	
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			88	1,000			88,000	88,000	
IOX010	Part	ud	Extintor portátil de CO ₂ , con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 30 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, según UNE-EN 3.			1,000	142,91	142,91	
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			1	1,000			1,000	1,000	
IOB030	Part	ud	Boca de incendio equipada (BIE) de 25 mm (1") para empotrar, compuesta de: armario de acero inoxidable, y puerta para acristalar de acero inoxidable; devanadera metálica giratoria fija; manguera semirrígida de 30 m de longitud; lanza de tres efectos y válvula de cierre, colocada en paramento.			10,000	597,18	5.971,80	
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			10	1,000			10,000	10,000	
IOB020	Part	ud	Depósito de poliéster, de 12 m ³ , 2450 mm de diámetro, colocado en superficie, en posición vertical, para reserva de agua contra incendios, incluye válvula de flotador de 2" de diámetro, para una presión máxima de 5 bar, con cuerpo de latón, boya esférica roscada de latón y obturador de goma.			1,000	2.295,83	2.295,83	
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			1	1,000			1,000	1,000	
			CR					110.056,45	110.056,45
			C					110.056,45	110.056,45
			TOTAL:					2.058.468,93	2.058.468,93

CONCLUSIONES



9. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES:

Como se ha visto al comienzo del documento, los principales objetivos del presente proyecto eran calcular la resistencia al fuego de la estructura del garaje, así como sus posibles daños, y propuestas de mejora. Estos objetivos se ven reflejados durante todo el documento, en el que además, se ha pretendido mostrar la importancia de la protección frente al fuego de un garaje público.

Son varios los sistemas de protección frente a incendios que ofrece el código técnico para cada tipo de uso. Para este garaje, se han elegido las opciones que establece esta norma para así poder reducir el tiempo equivalente, y dotar al edificio de los medios necesarios para la sofocación de un incendio.

Cabe destacar, la ventaja que presenta el uso de la herramienta de software CypeCad, ya que proporciona un cálculo "rápido" de la estructura con su correspondiente análisis de la resistencia al fuego. Esta herramienta me ha presentado una serie de problemas, ya que para poder calcular la estructura, el programa estaba sobre 18 horas calculando, esto es debido a que analiza punto por punto la estructura, y que los muros de sótano los calcula por el método de nudos infinitos generando una cantidad muy elevada de nudos y barras.

Como resultado final del proyecto, para que la resistencia exigida cumpla, solo se debe de cambiar el forjado, quedando así todos los elementos estructurales con una resistencia al fuego R120. La estructura final está compuesta por una losa de cimentación, de donde nacen los muros de sótano que bordean perimetralmente el garaje, de espesor 25cm, y los pilares, que no han sido modificados de la estructura previa. Horizontalmente, se divide por un forjado reticular de casetones perdidos de nervios "in situ" de 160mm, e intereje de 80mm, y por vigas planas de 35cm de canto.

Como conclusión más clara que puedo extraer del trabajo realizado, es básicamente, el aprendizaje de las instalaciones contra incendios, así como el cálculo de la resistencia al fuego de los elementos estructurales de un garaje público, edificio distinto a los vistos en la universidad.

Por último, quiero destacar mi satisfacción por poder desarrollar los conocimientos adquiridos y los nuevos aprendidos durante la elaboración del presente proyecto, que se ajusta la realidad.

BIBLIOGRAFIA:

MATERIAL AULA VIRTUAL UNIVERSIDAD JAUME I:

- Construcción II: Estructuras de hormigón
 - Tema 4: Cimentaciones
 - Tema 7: Losa de cimentación
 - Tema 8: Muros de Cimentación
- Construcción IV: Muros y suelos en contacto con el terreno
 - Tema 1.2: Cerramientos en contacto con el terreno
- Materiales de construcción II: Hormigones
- Estructuras III: Hormigón Armado y Cimentaciones
 - Tema 2: Acciones en la edificación
 - Tema 3: Materiales empleados
 - Tema 4: Durabilidad
 - Tema 5: Estructuras de hormigón frente al fuego
- Gestión económica de las obras

ENLACES WEB:

- ingenierodelacrisis.wordpress.com
- www.imcyc.com
- www.perlitayvermiculita.com
- www.asefa.es
- ignifugados.blogspot.com

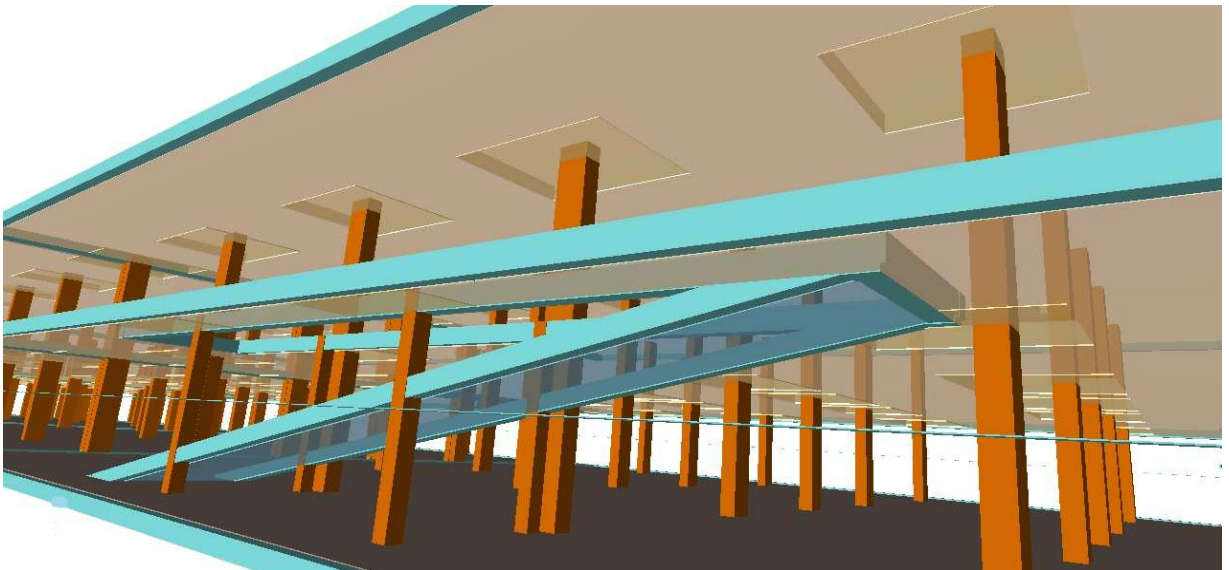
PROGRAMAS INFORMATICOS:

- Cype Cad
- AutoCad
- Arquimedes
- Detalles constructivos Cype
- Generador de precios

DOCUMENTALES:

- Canal Historia: *BOMBEROS, SU HISTORIA*
- Discovey Max: *LA VIDA EN LLAMAS*

ANEXOS



ANEXOS

El presente anexo muestra una serie de planos elaborados para definir la estructura del garaje objeto de estudio, definida en diferentes documentos:

A.1 CIMENTACION

- A.1.1 VIGAS DE CIMENTACION
- A.1.2 VIGAS DE CIMENTACION
- A.1.3 VIGAS DE CIMENTACION
- A.1.4 VIGAS DE CIMENTACION
- A.1.5 VIGAS DE CIMENTACION
- A.1.6 VIGAS DE CIMENTACION
- A.1.7 VIGAS DE CIMENTACION

A.2 MURO DE SOTANO

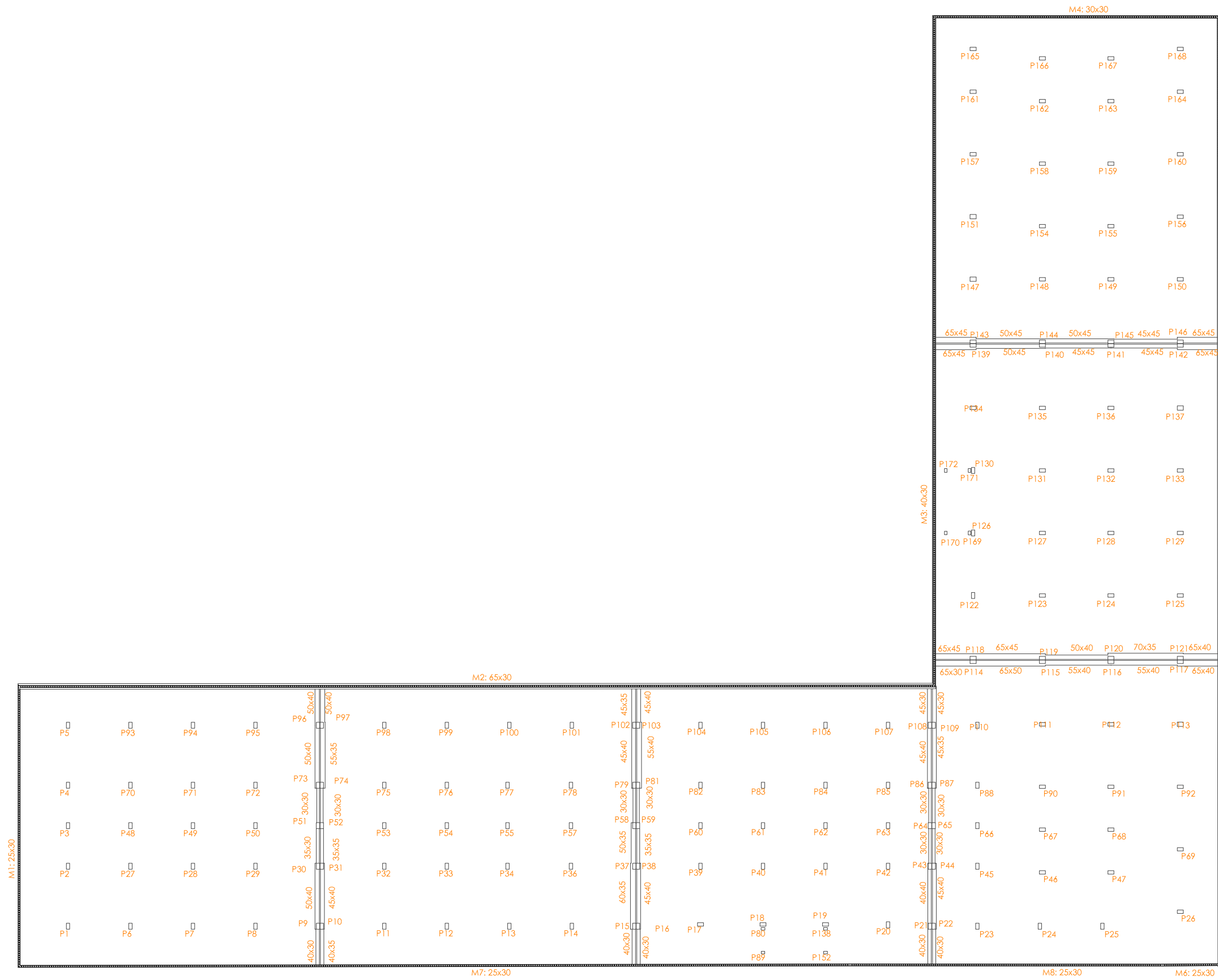
A.3 FORJADO 1

A.4 FORJADO 2

A.5 VIGAS FORJADO 1 Y 2

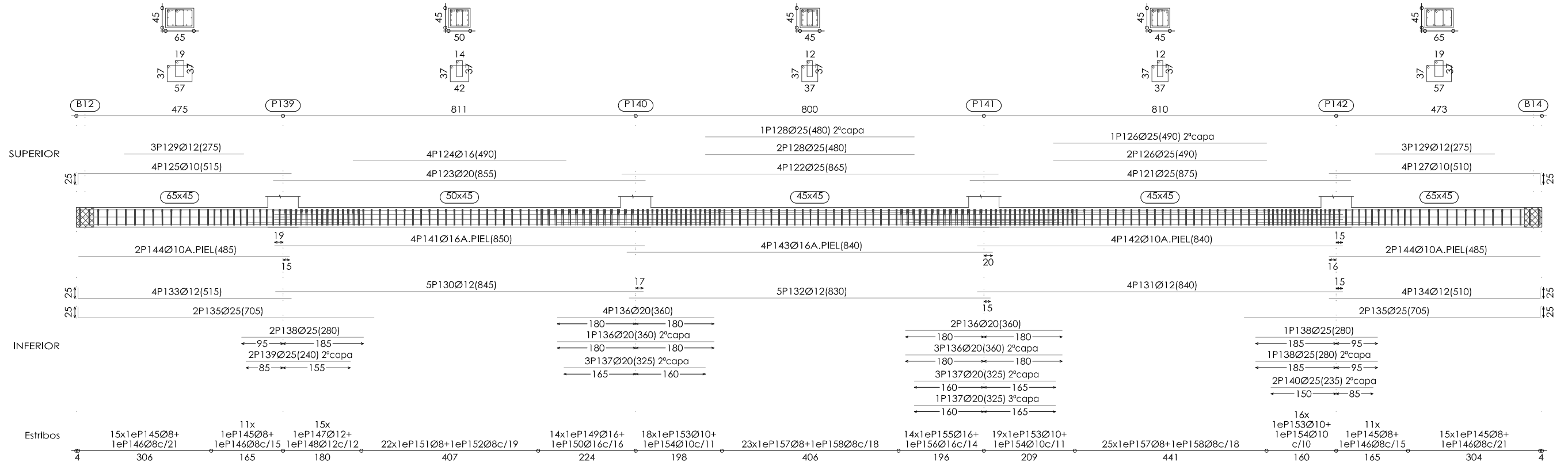
- A.5.1 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.2 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.3 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.4 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.5 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.6 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.7 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.8 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.9 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.10 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.11 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.12 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.13 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.14 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.15 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.16 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.17 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.18 VIGAS FORJADO 1 Y 2
- A.5.19 VIGAS FORJADO 1 Y 2

A.6 CUADRO DE PILARES

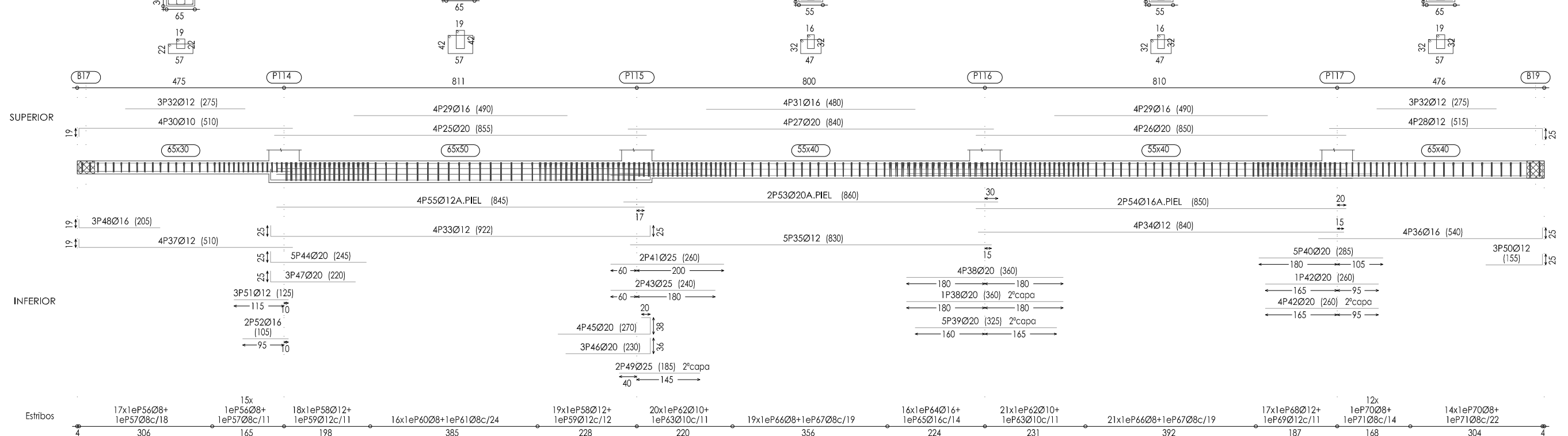


Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A1 CIMENTACIÓN	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: A1
	Escala: 1/500	

Pórtico 5

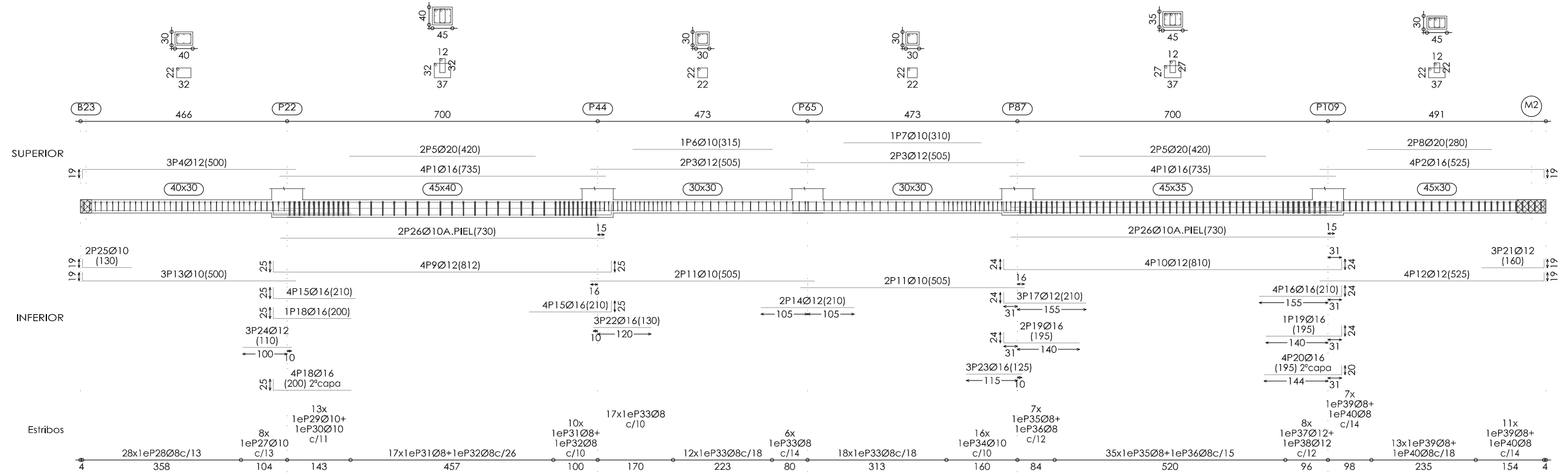


Pórtico 3

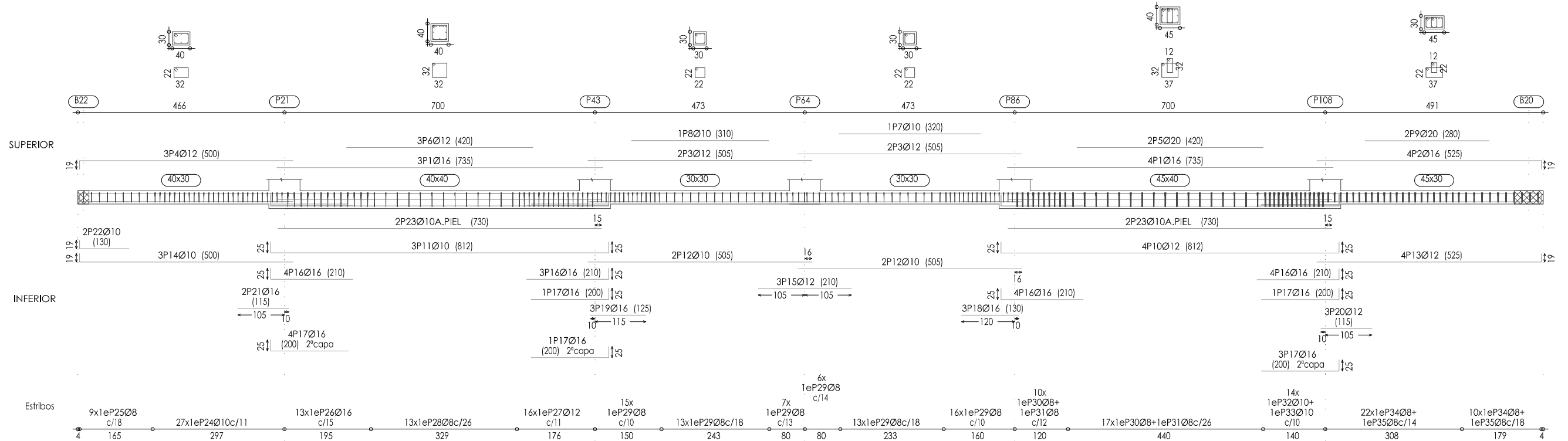


Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A1.1 VIGAS CIM.	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A1.1

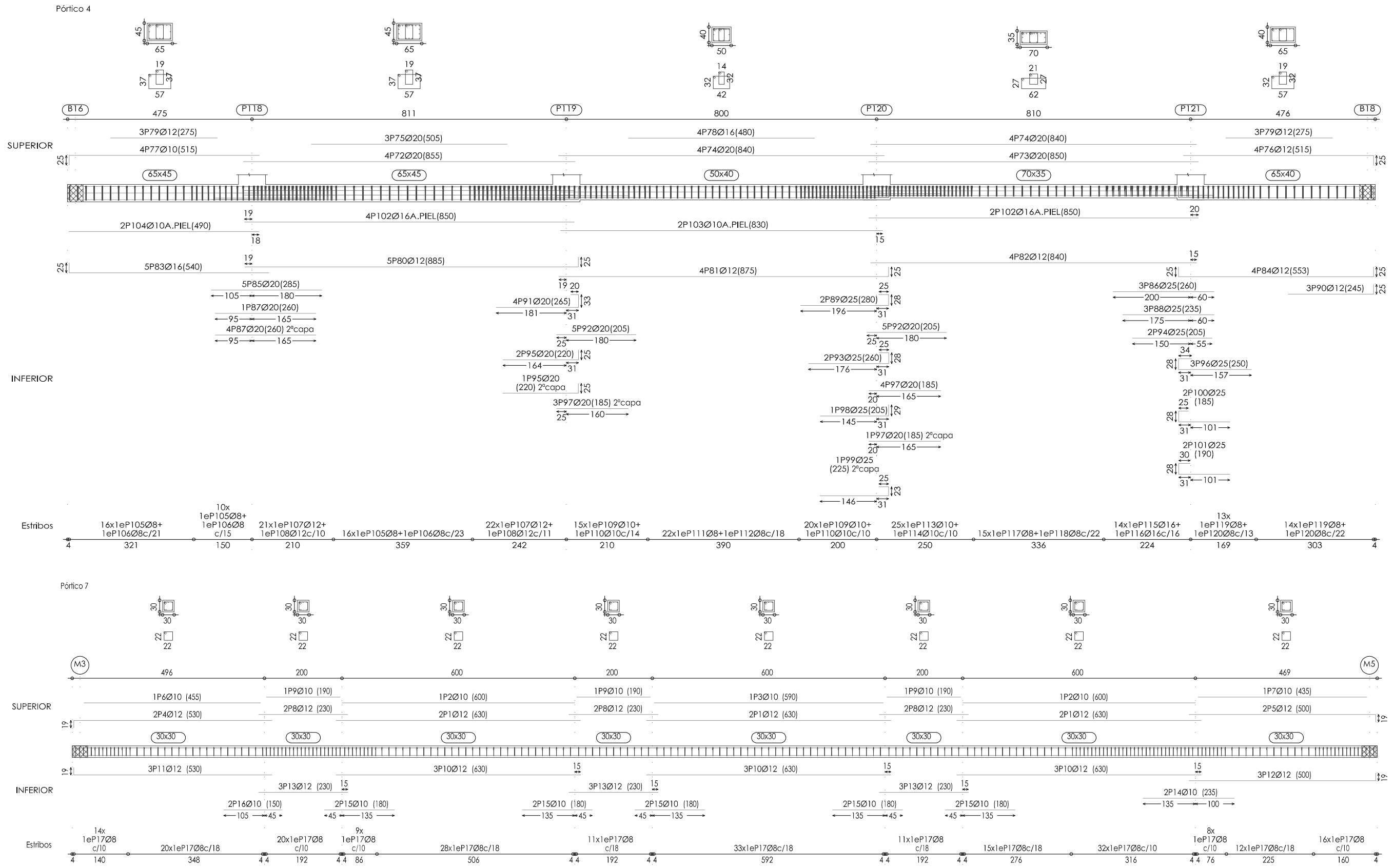
Pórtico 14



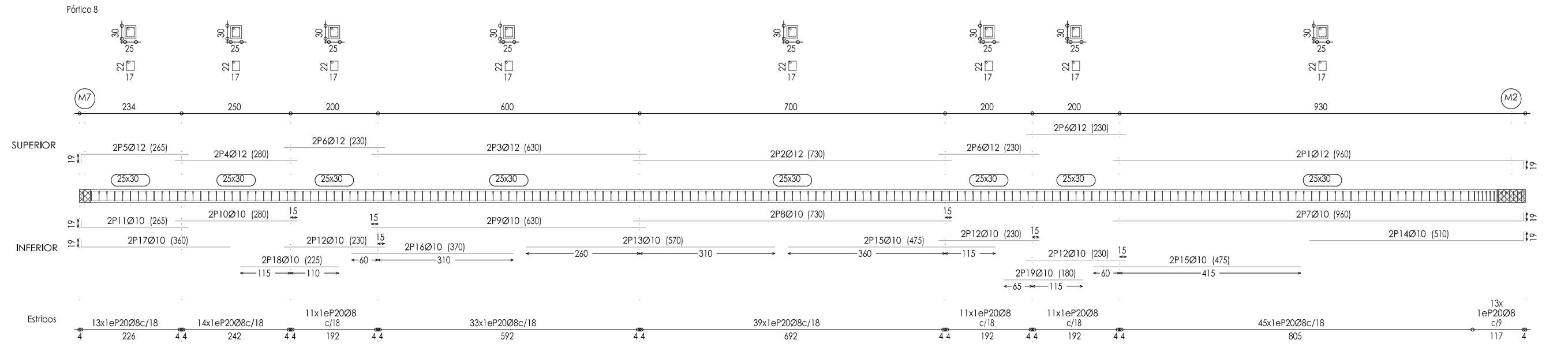
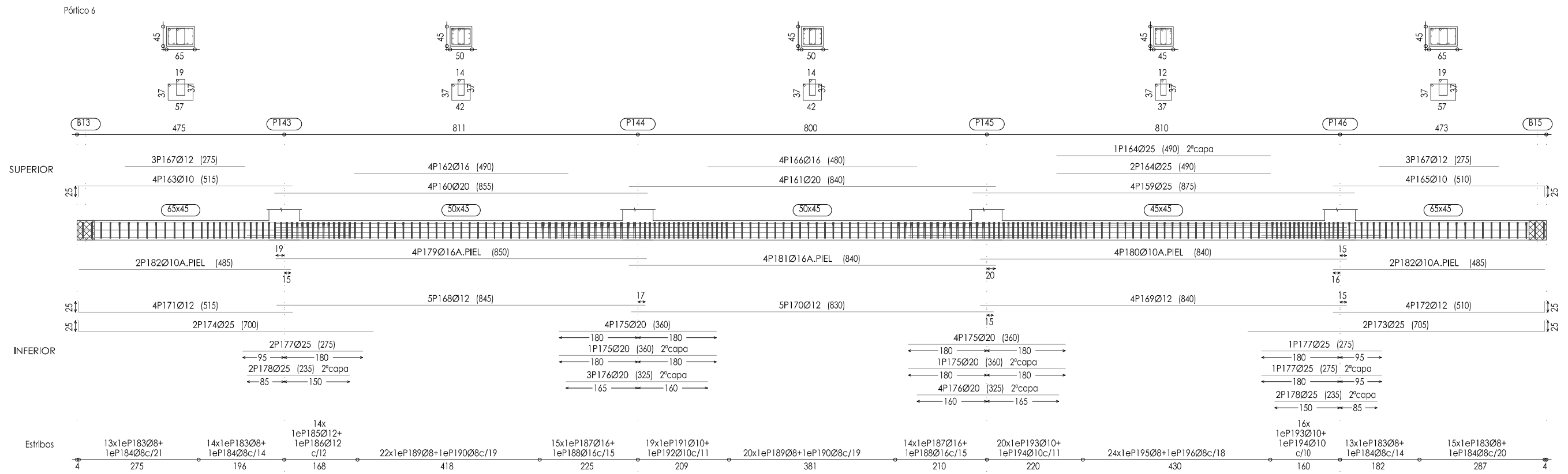
Pórtico 13



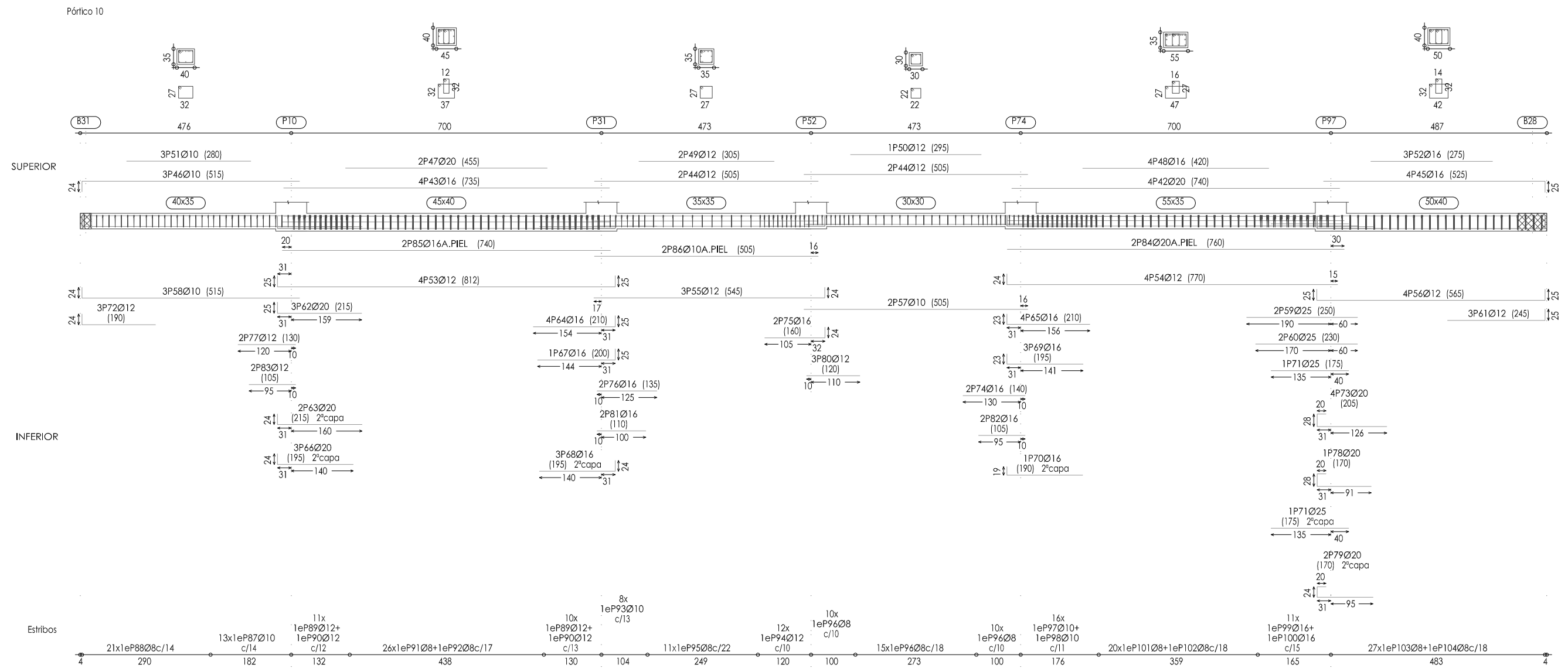
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A1.2 VIGAS CIM.	Autor: Raquel Fernández Caballer	
	Escala: 1/100	Plano: A1.2



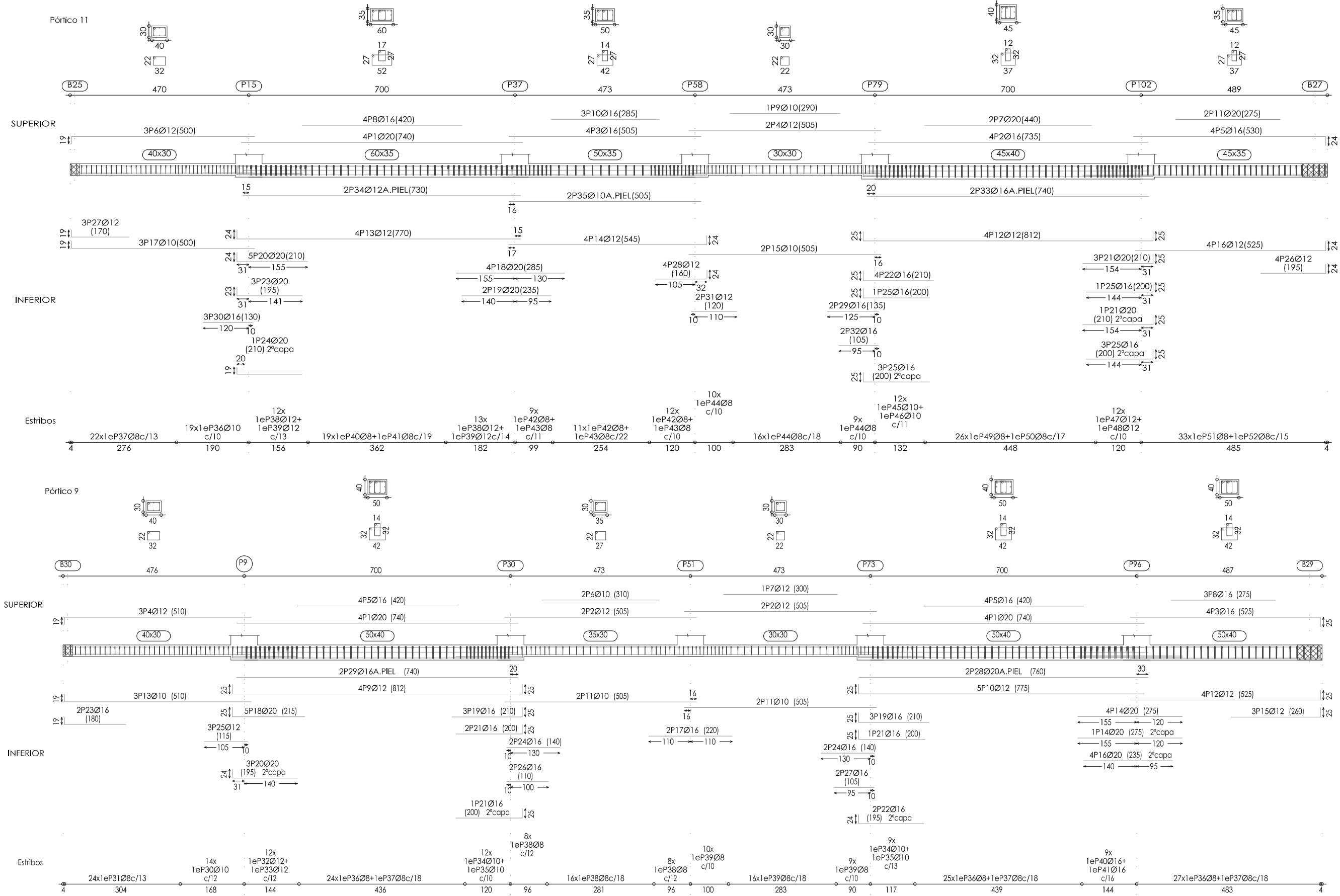
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A1.3 VIGAS CIM.	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A1.3



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A1.4 VIGAS CIM.	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A1.4

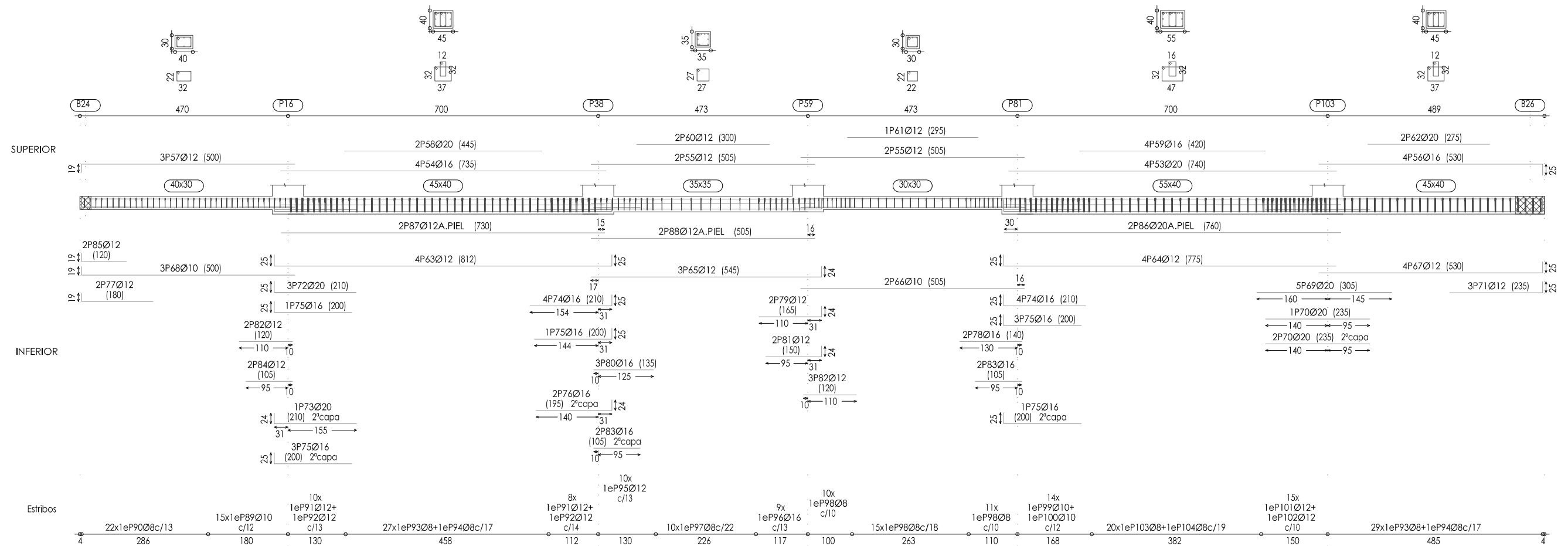


Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A1.5 VIGAS CIM.	Autor: Raquel Fernández Caballer	
	Escala: 1/100	Plano: A1.5

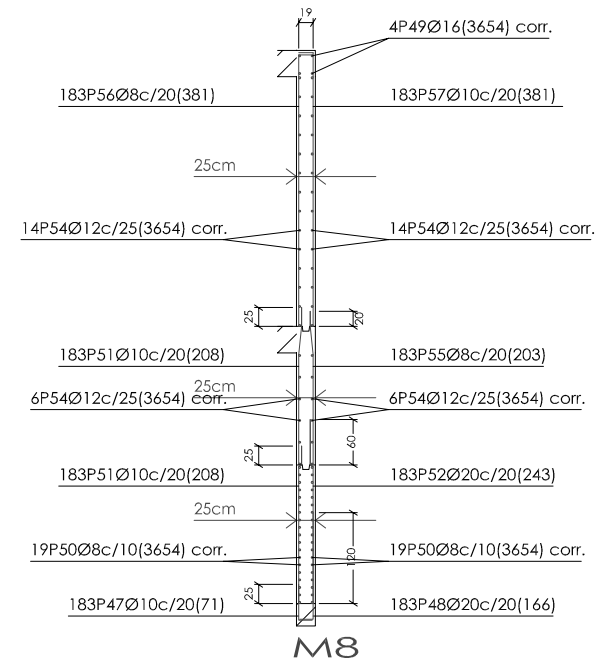
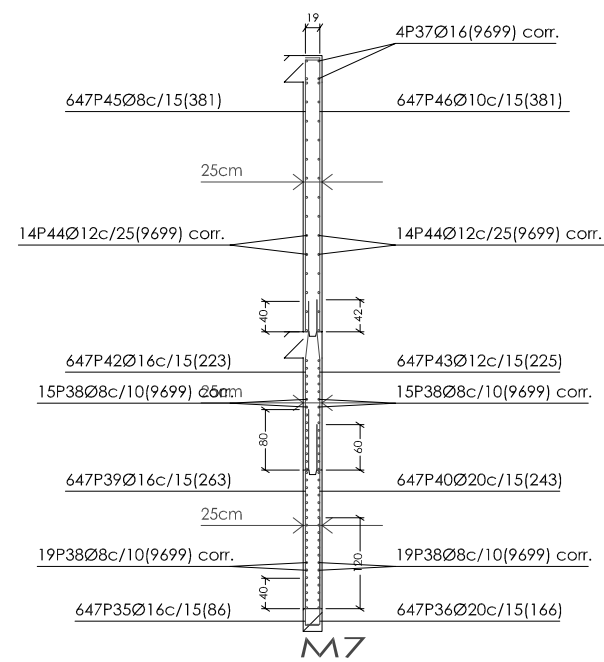
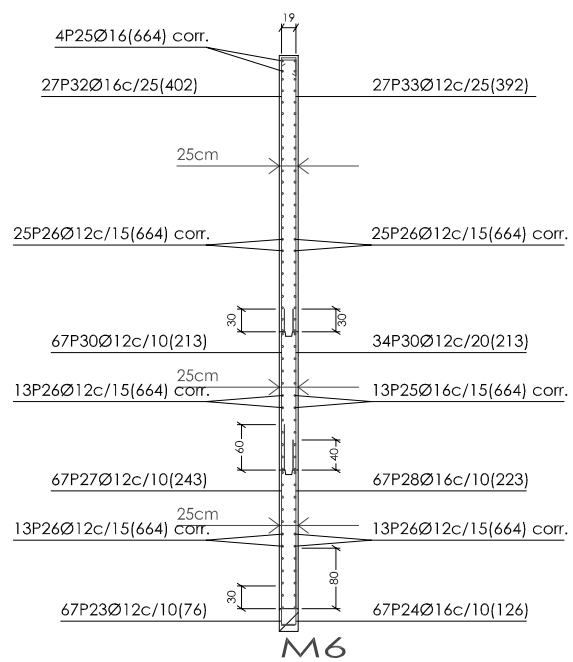
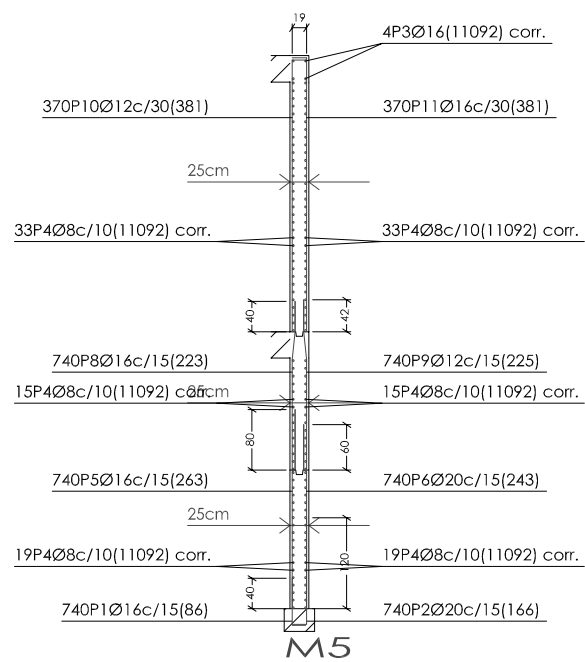
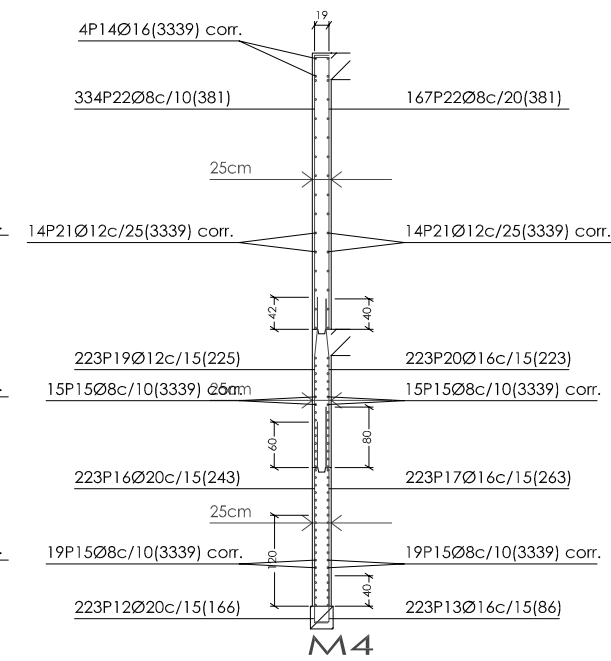
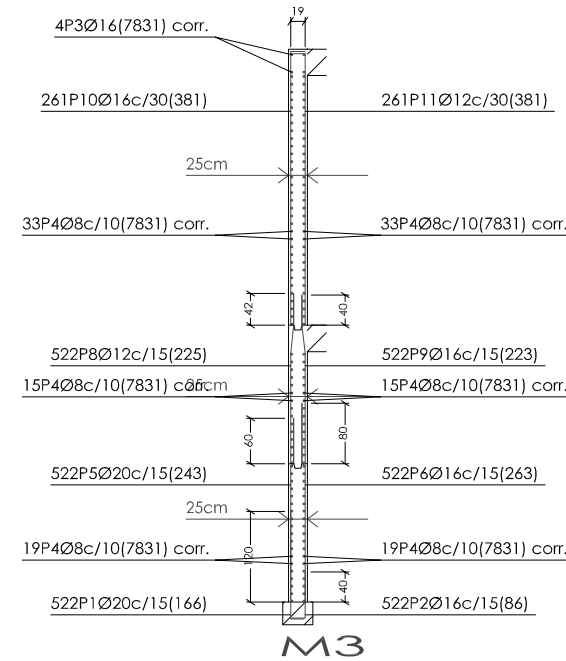
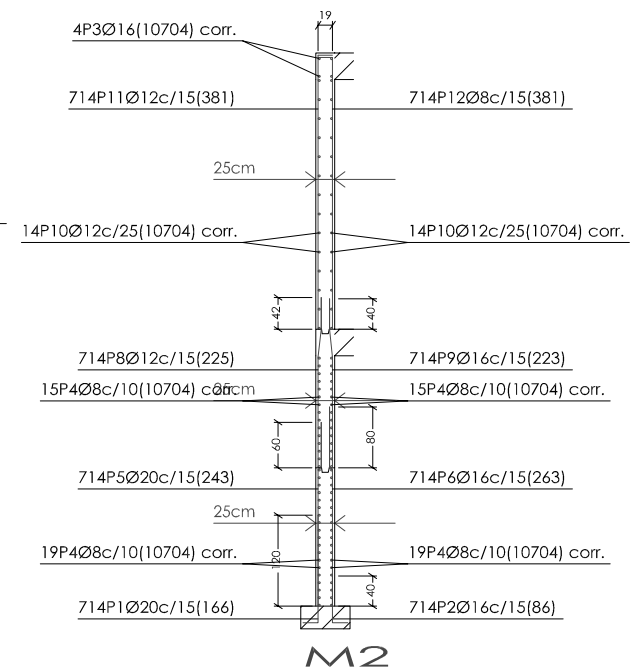
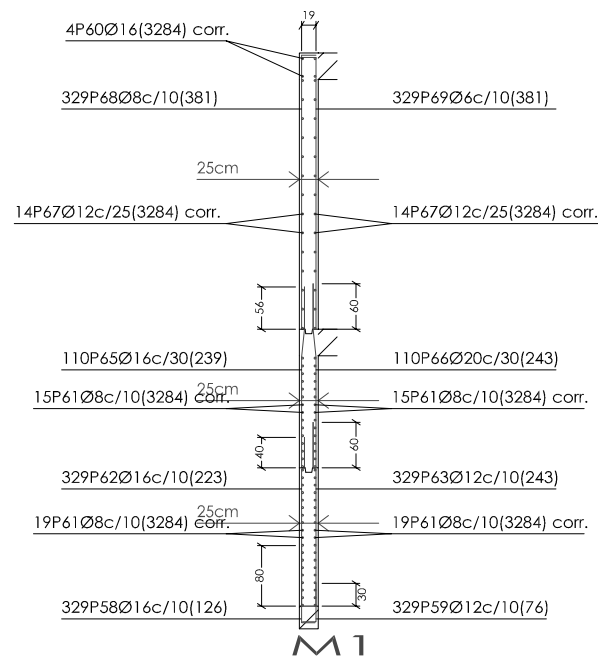


Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A1.6 VIGAS CIM.	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A1.6

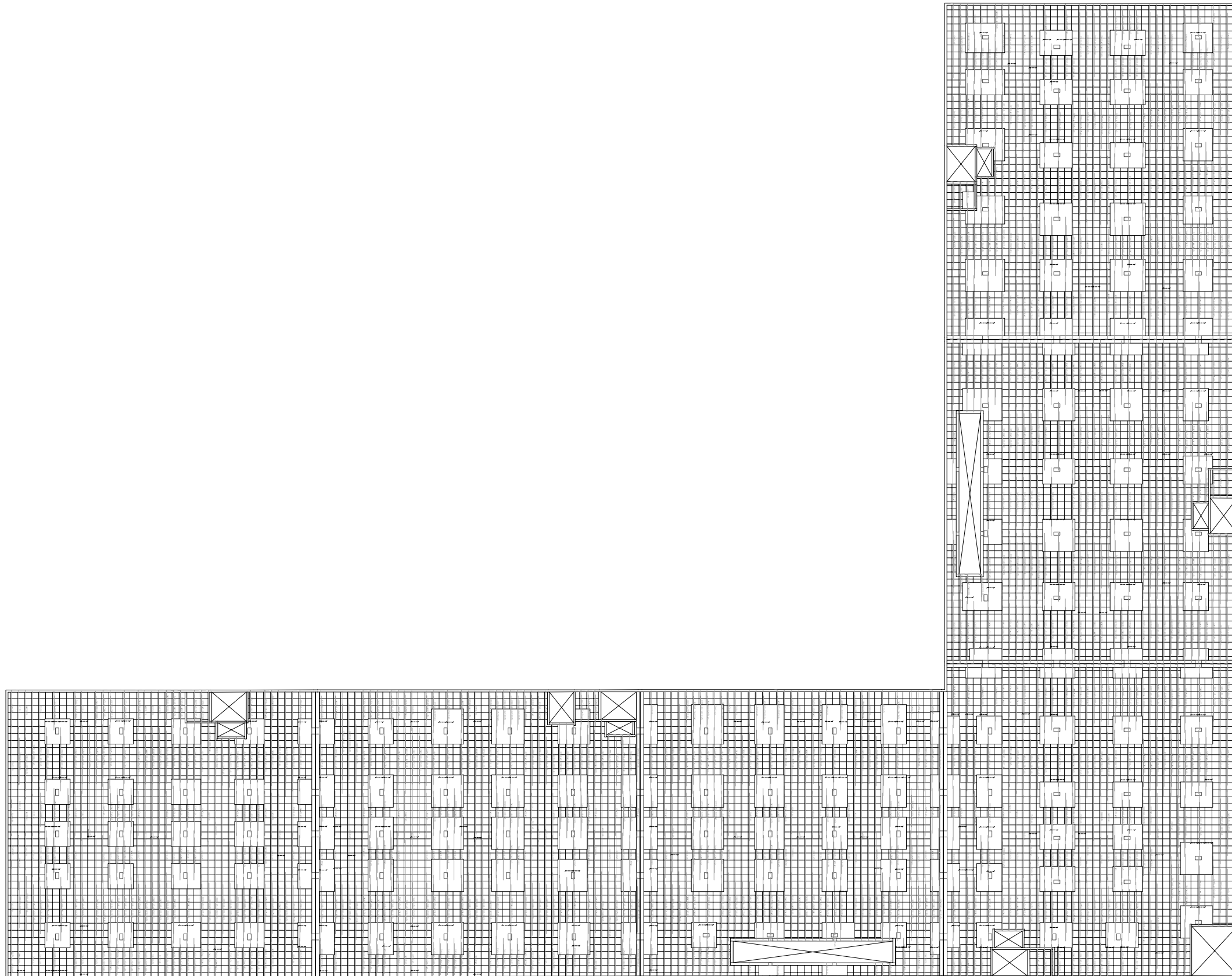
Pórtico 12



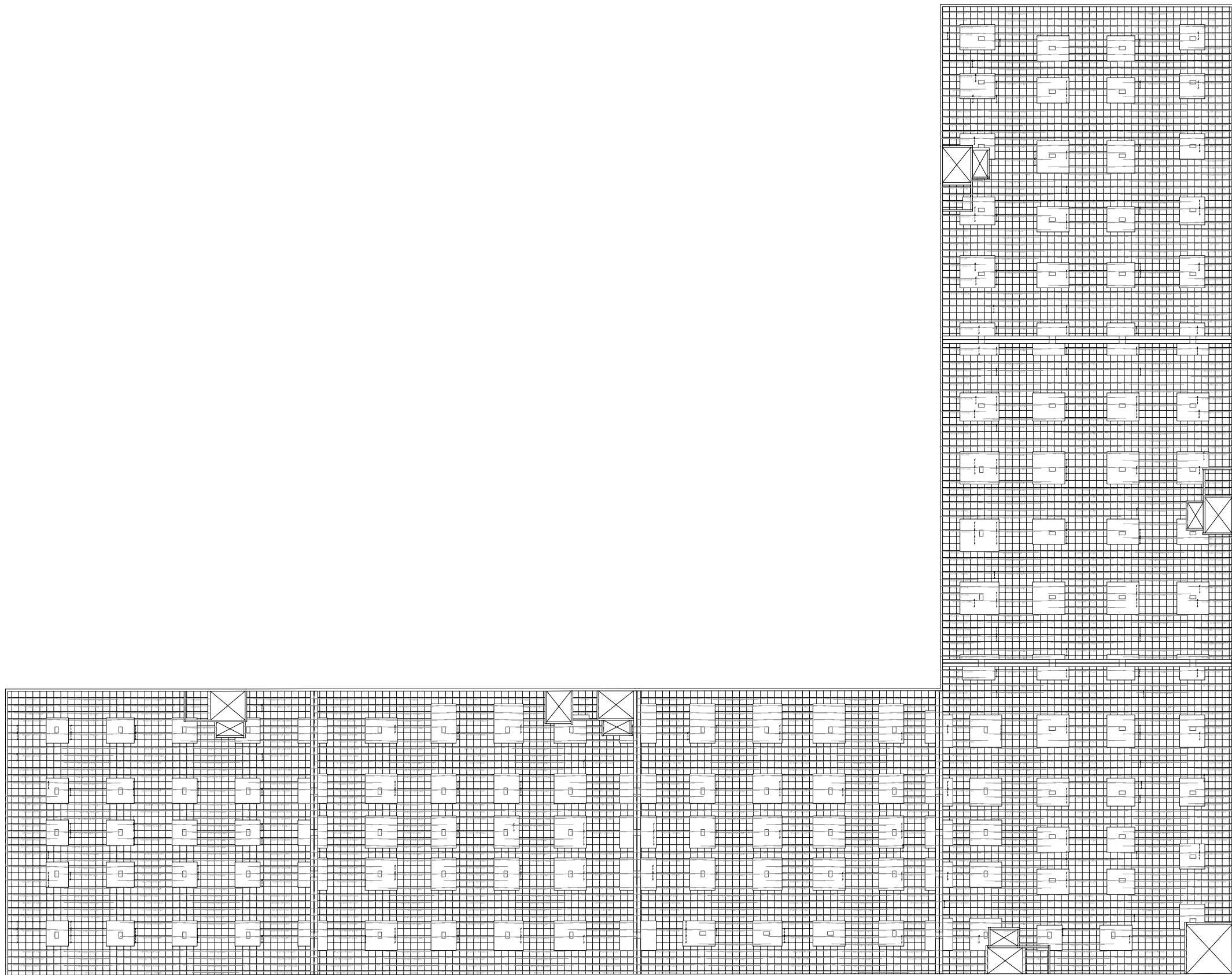
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A1.7 VIGAS CIM.	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A1.7



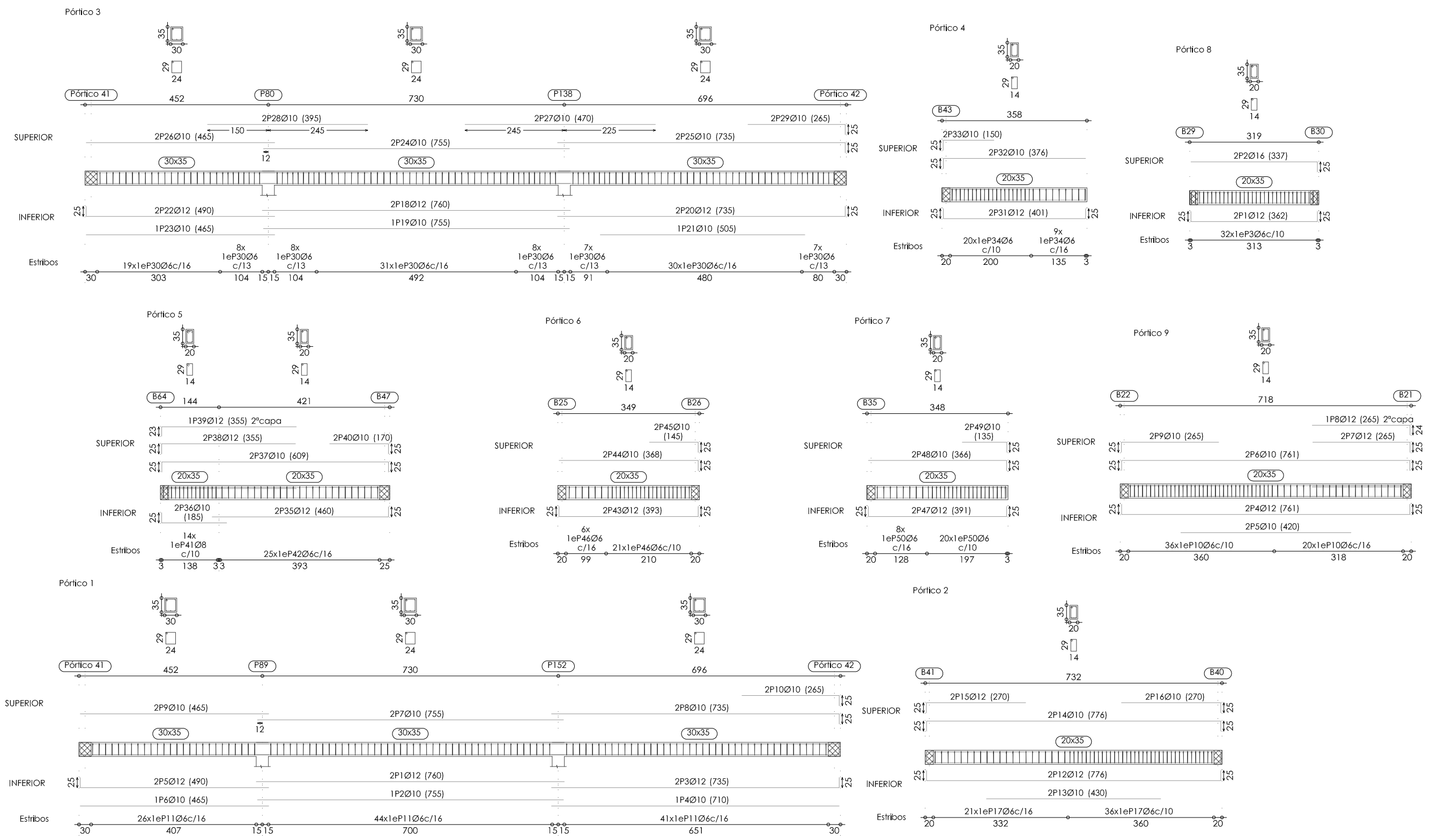
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A2 MURO DE SÓTANO	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: A2
	Escala: 1/100	



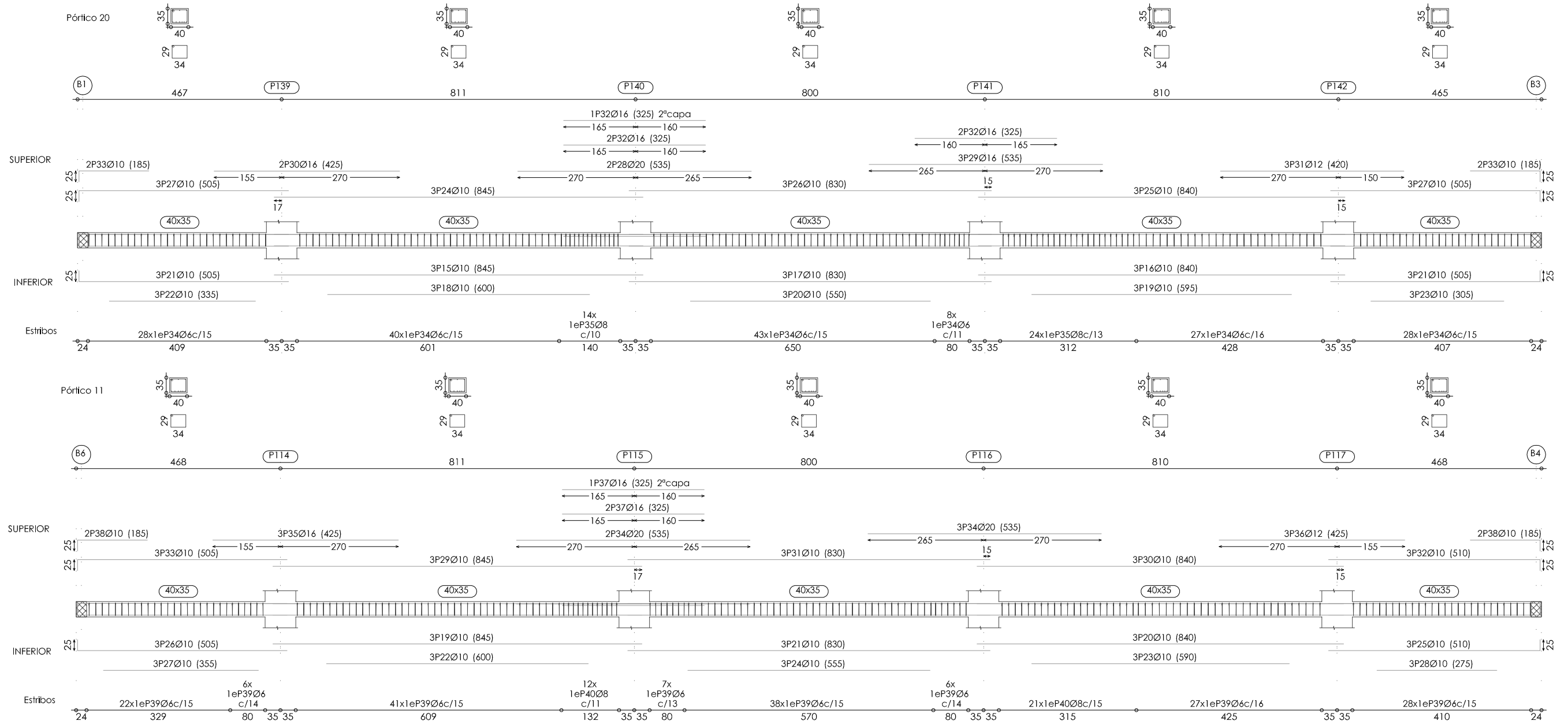
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A.3 FORJADO 1	Autor: Raquel Fernández Caballer	
	Escala: 1/500	Plano: A.3



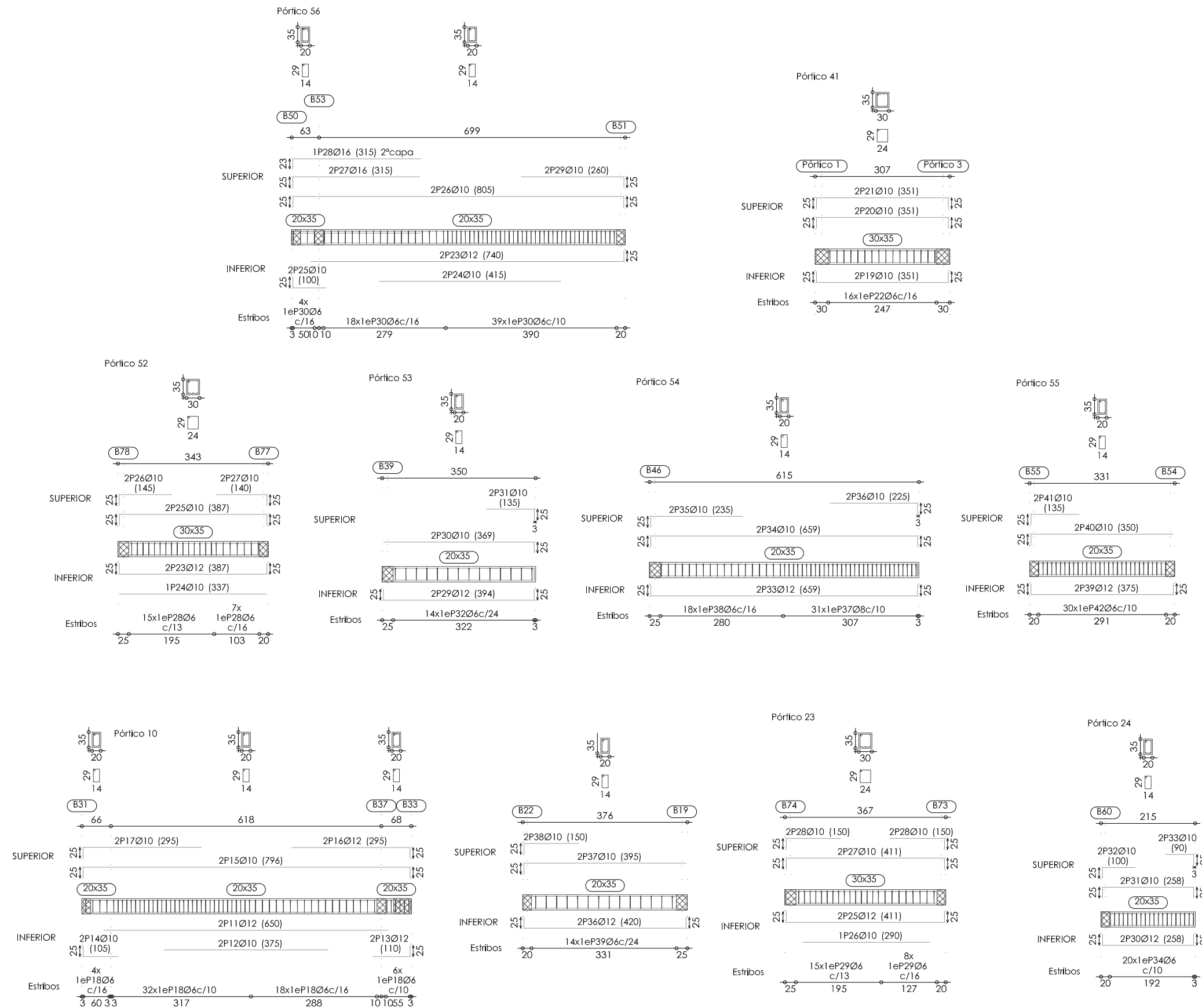
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A.4 FORJADO 2	Autor: Raquel Fernández Caballer	
	Escala: 1/500	Plano: A.4



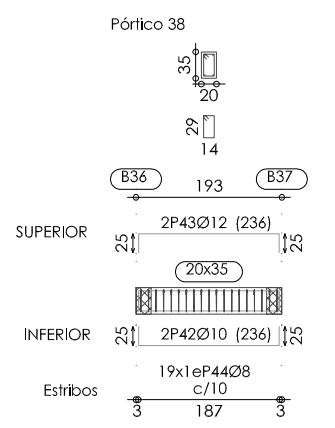
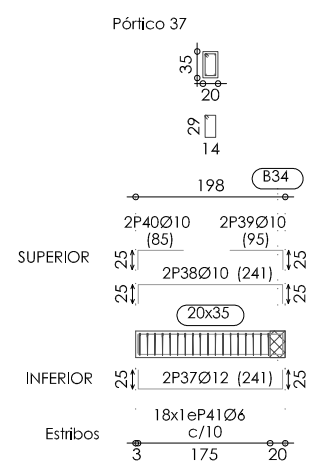
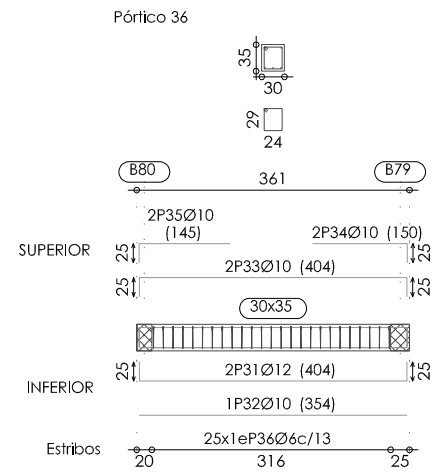
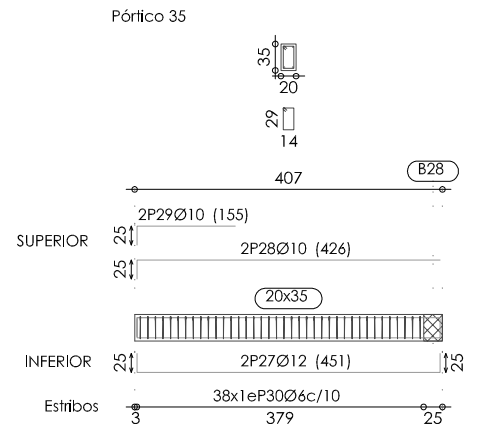
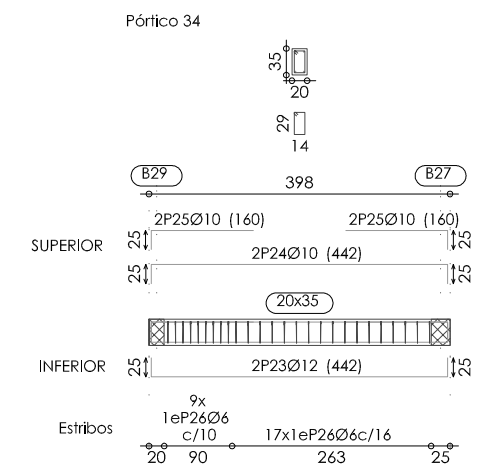
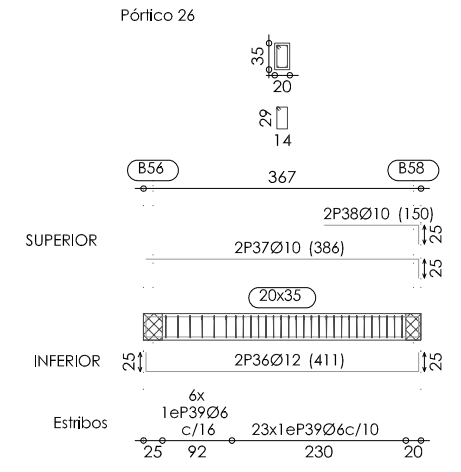
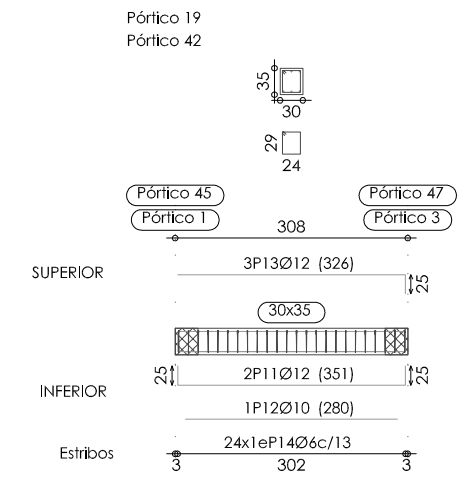
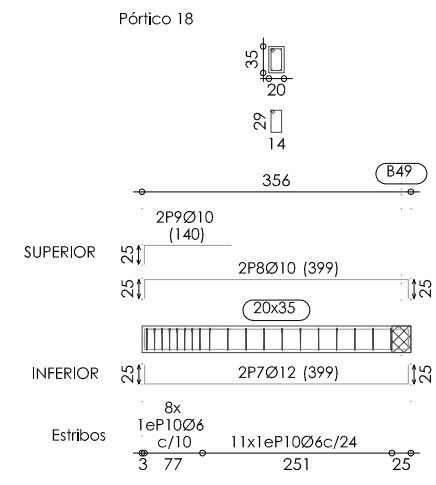
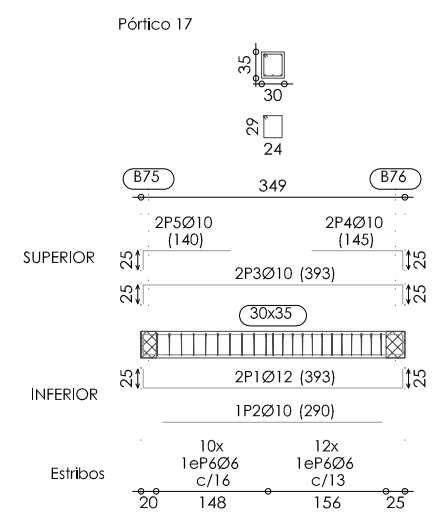
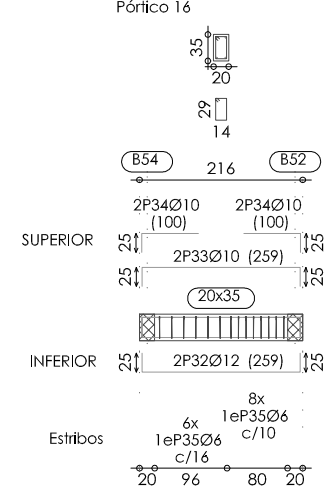
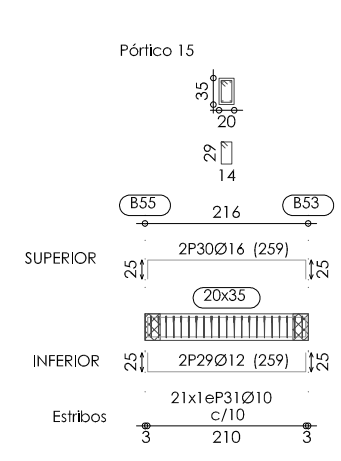
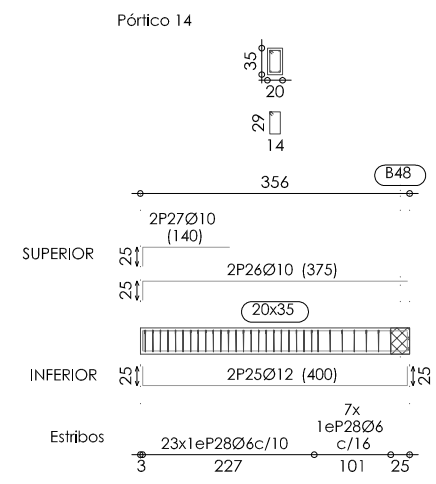
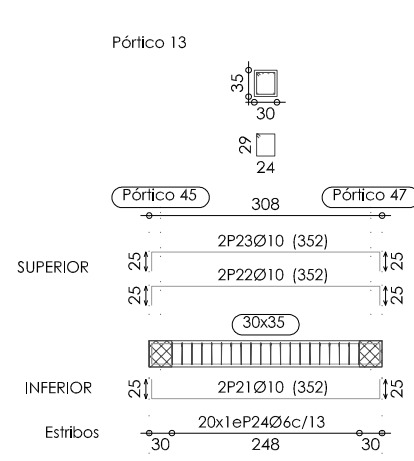
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A5.1 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: A5.1
	Escala: 1/100	



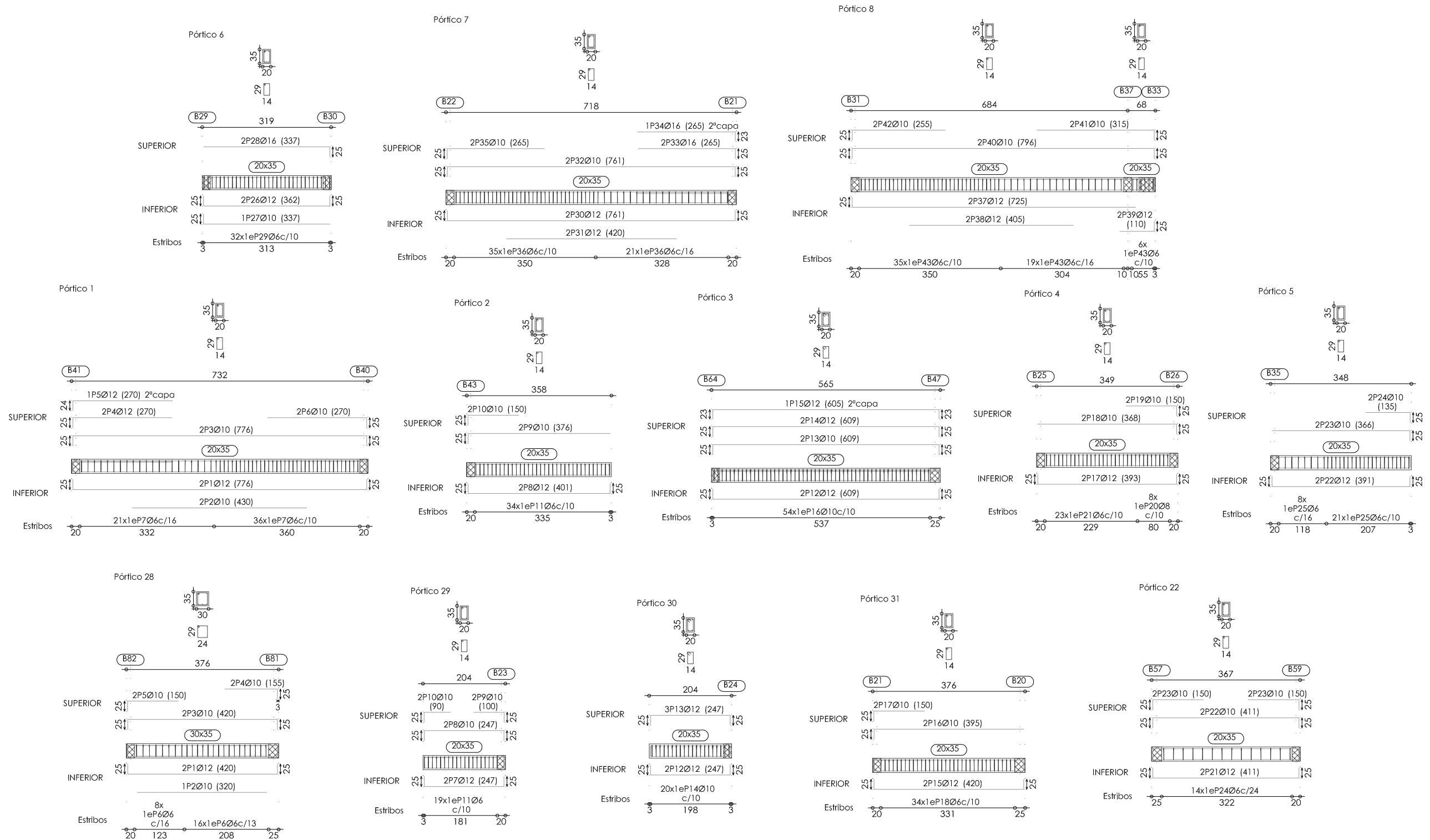
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.2 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.2



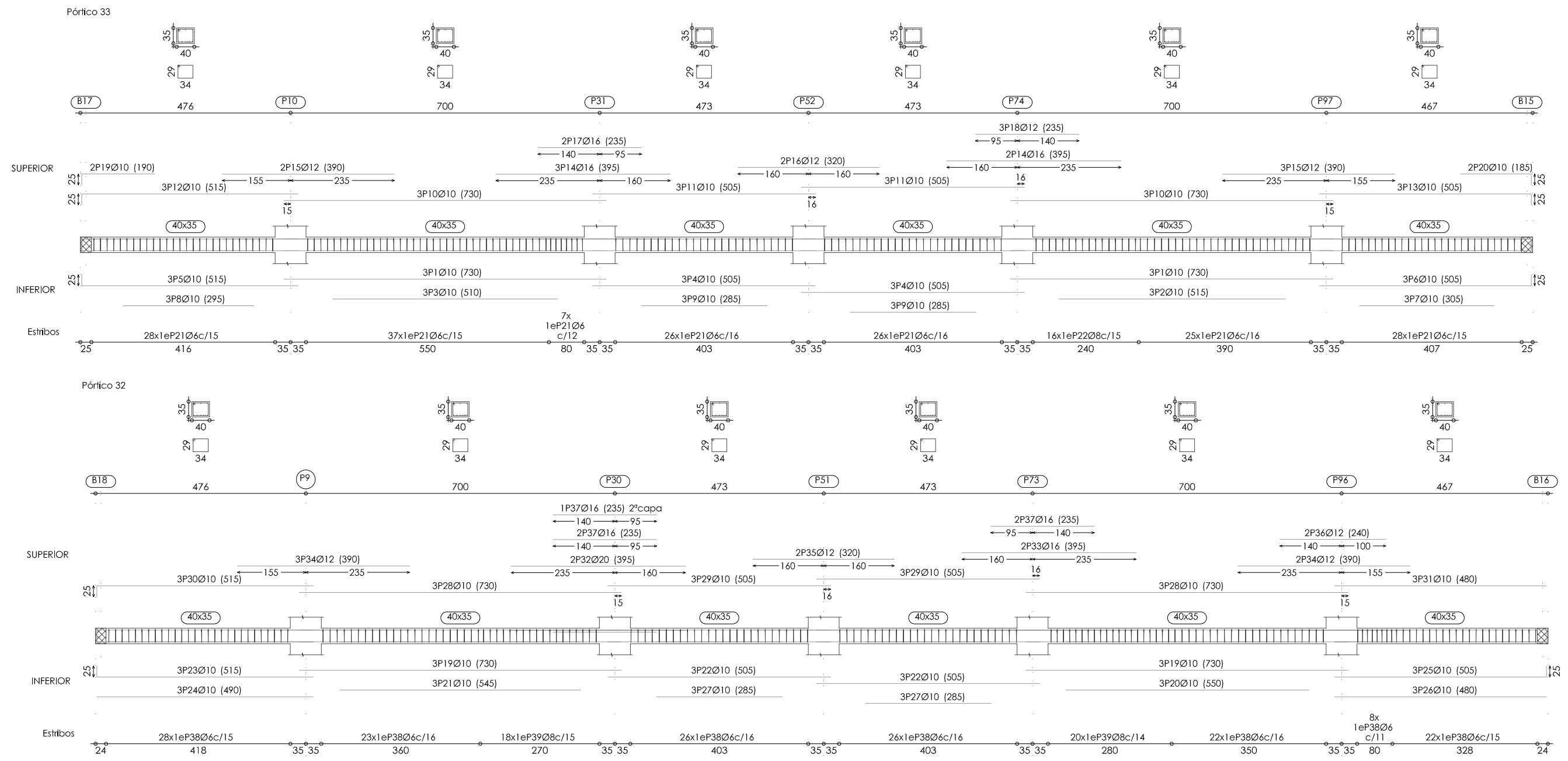
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A5.3 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: A5.3
	Escala: 1/100	



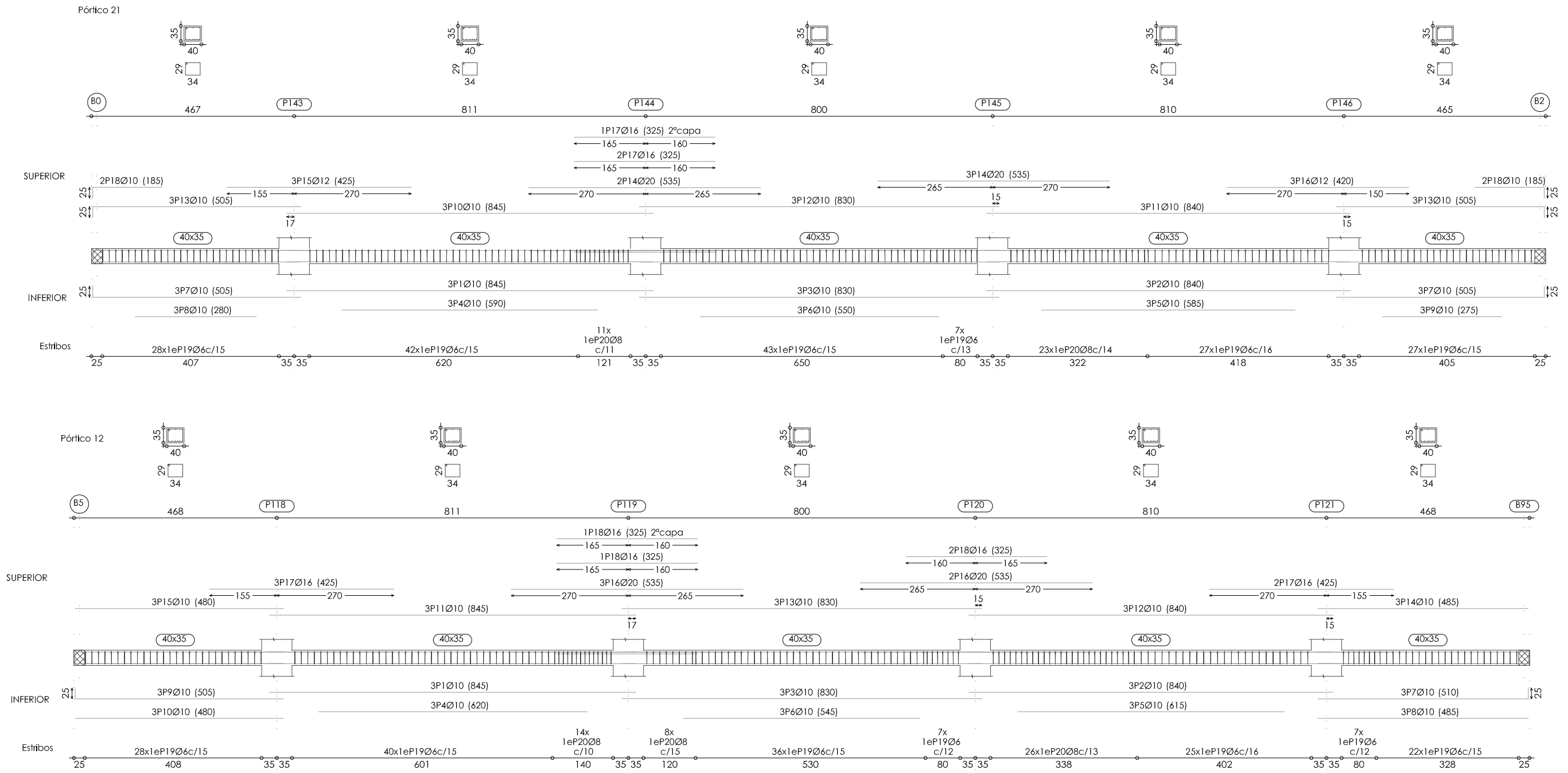
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A5.4 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: A5.4
	Escala: 1/100	



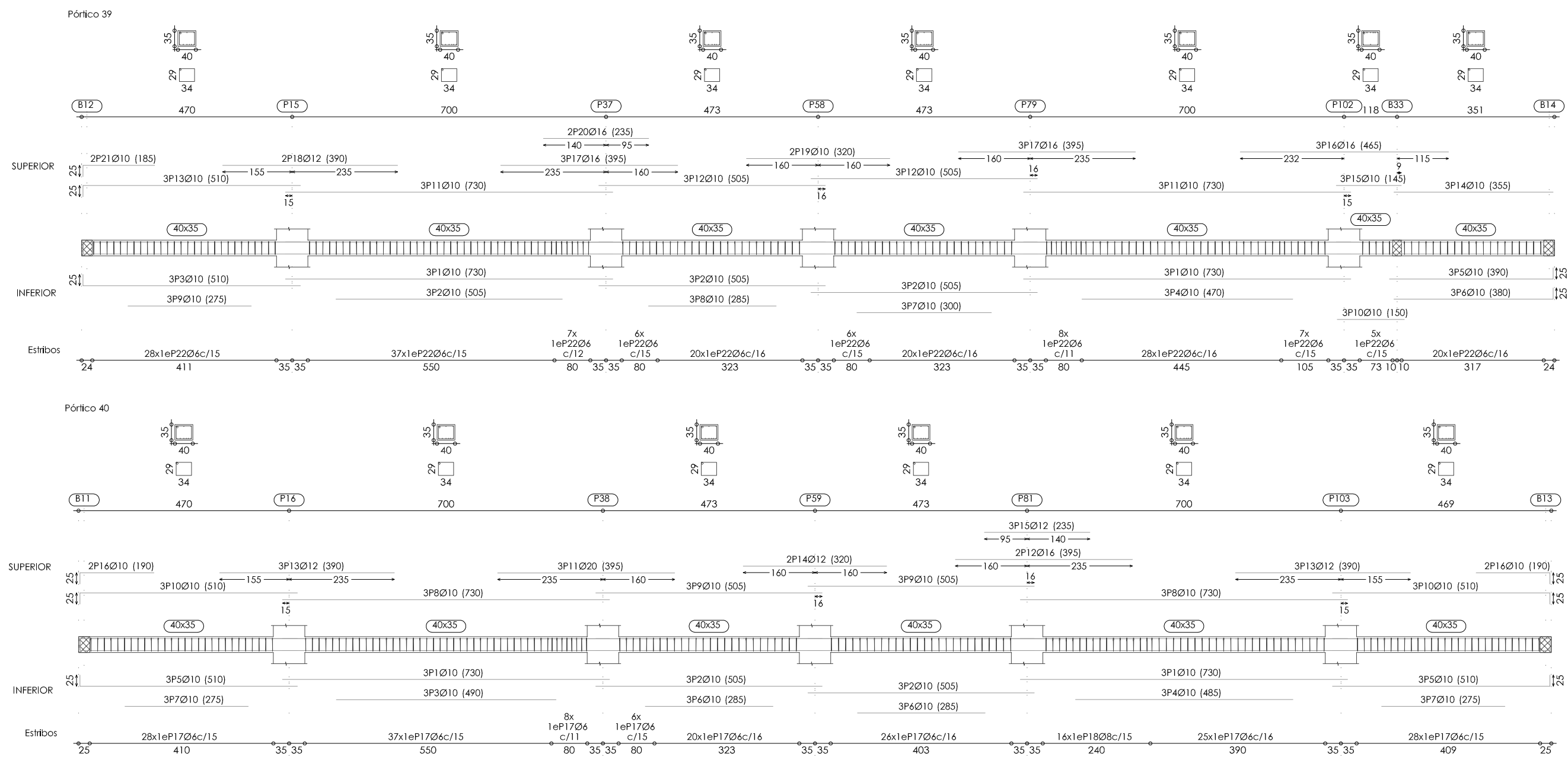
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A5.5 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: A5.5
	Escala: 1/100	



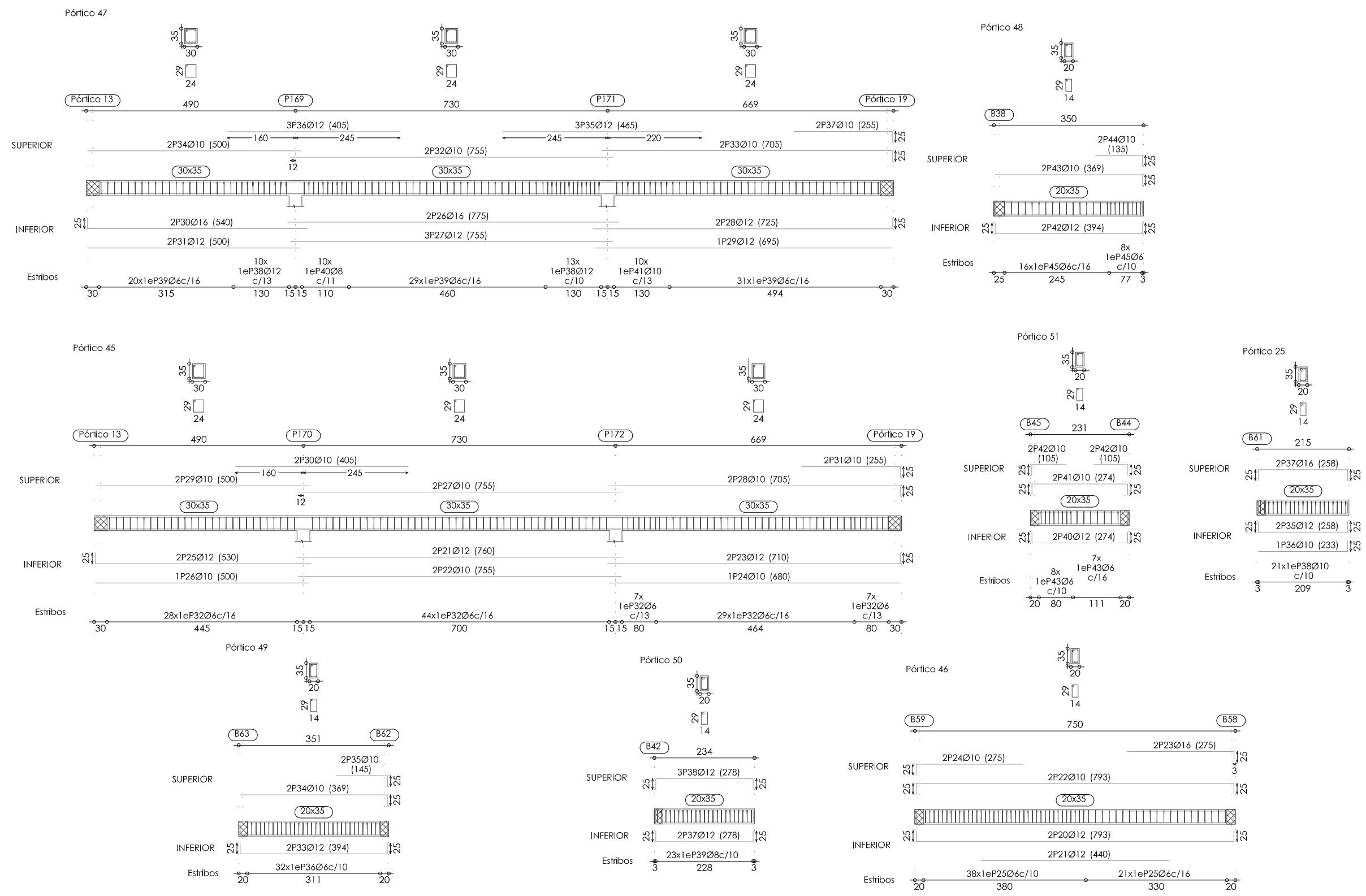
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.6 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.6



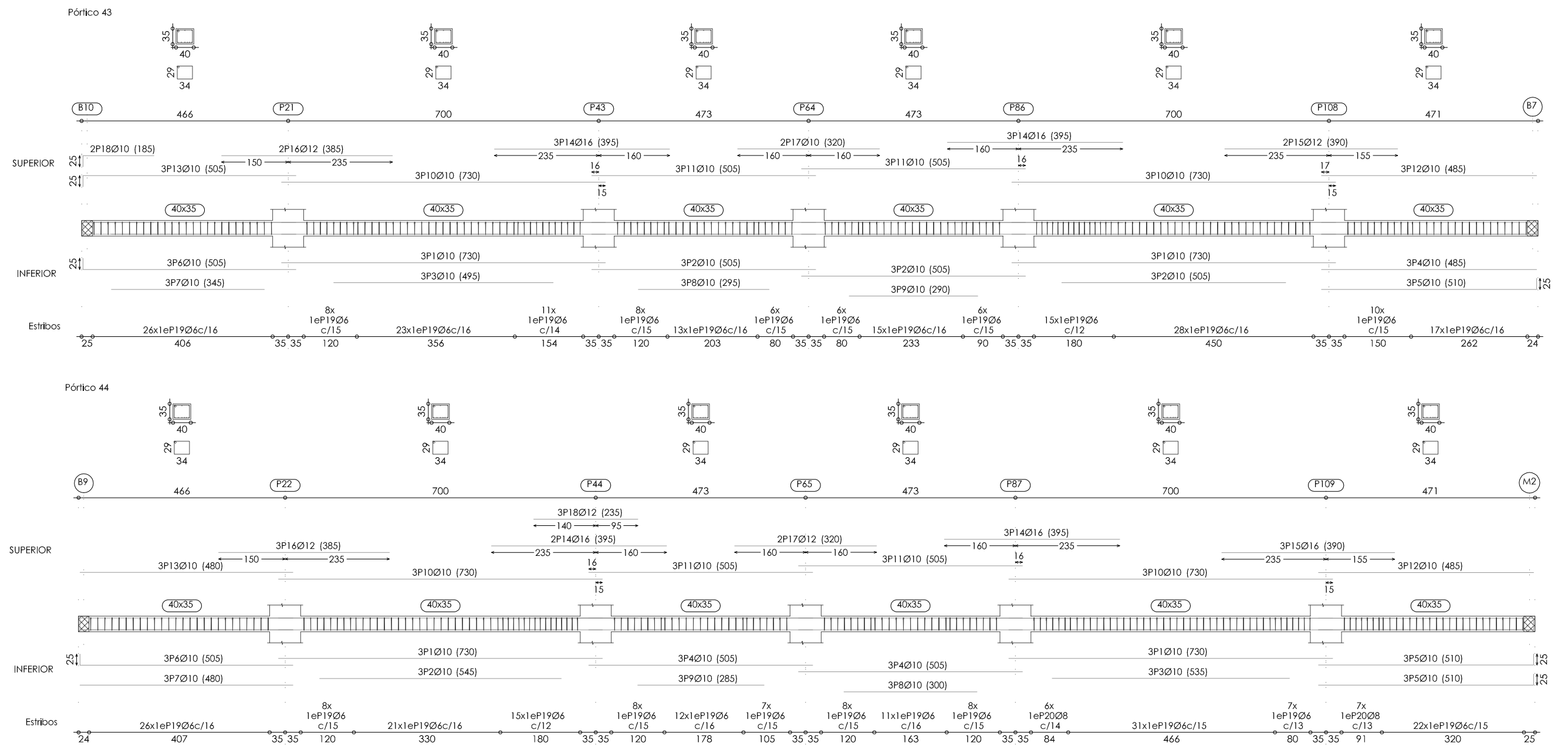
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.7 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.7



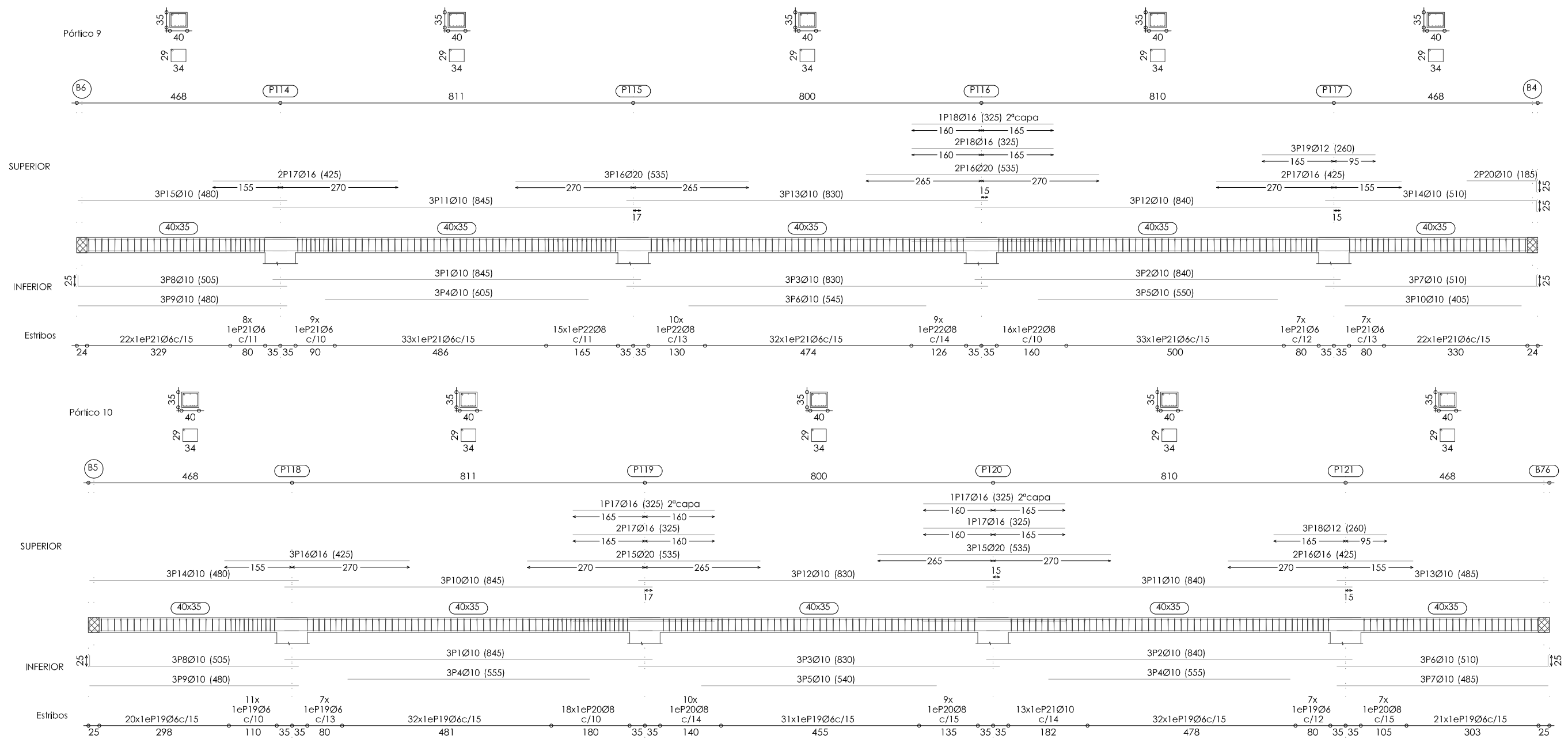
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.8 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.8



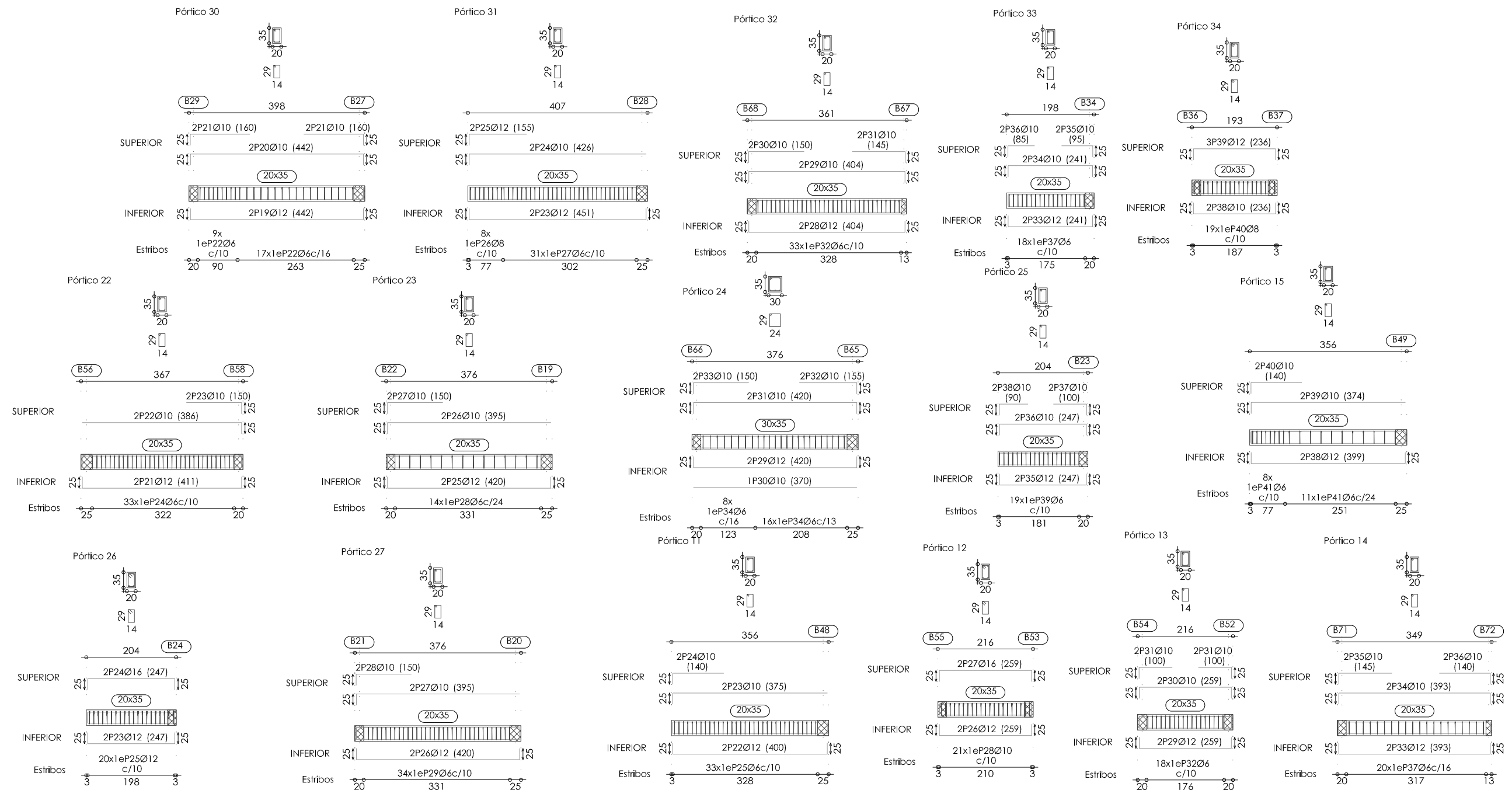
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A5.9 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: A5.9
	Escala: 1/100	



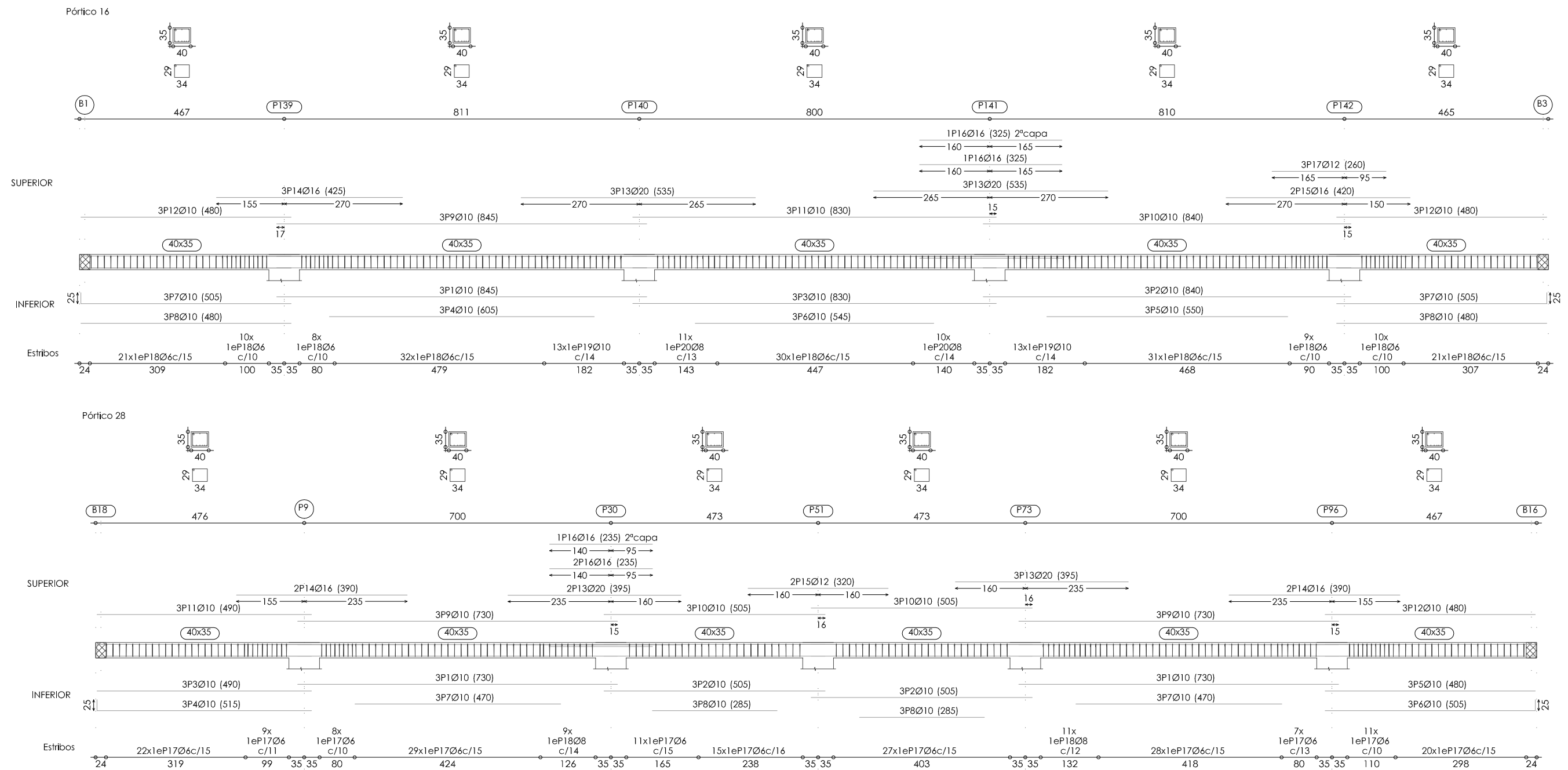
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.10 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.10



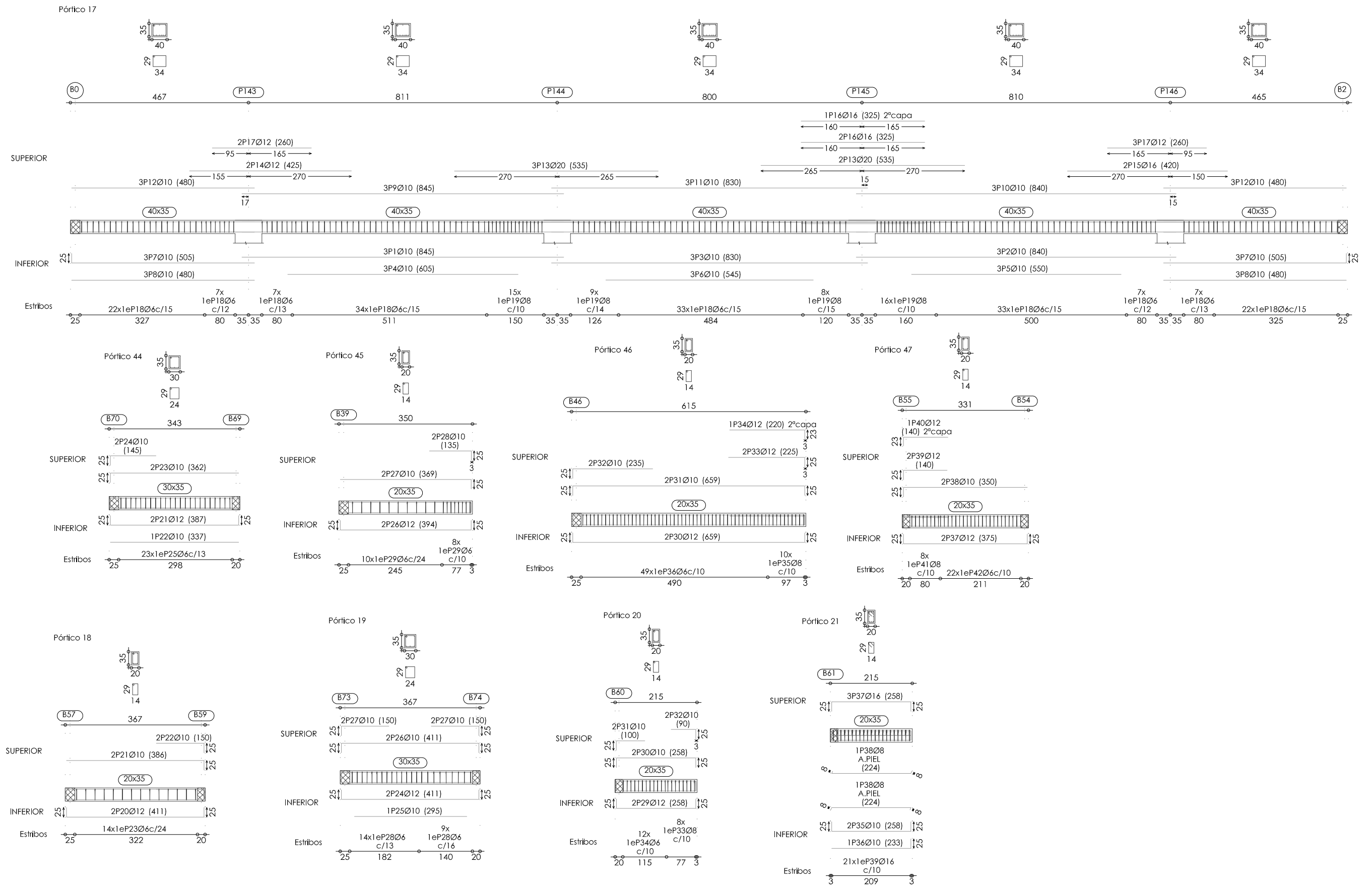
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.11 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.11



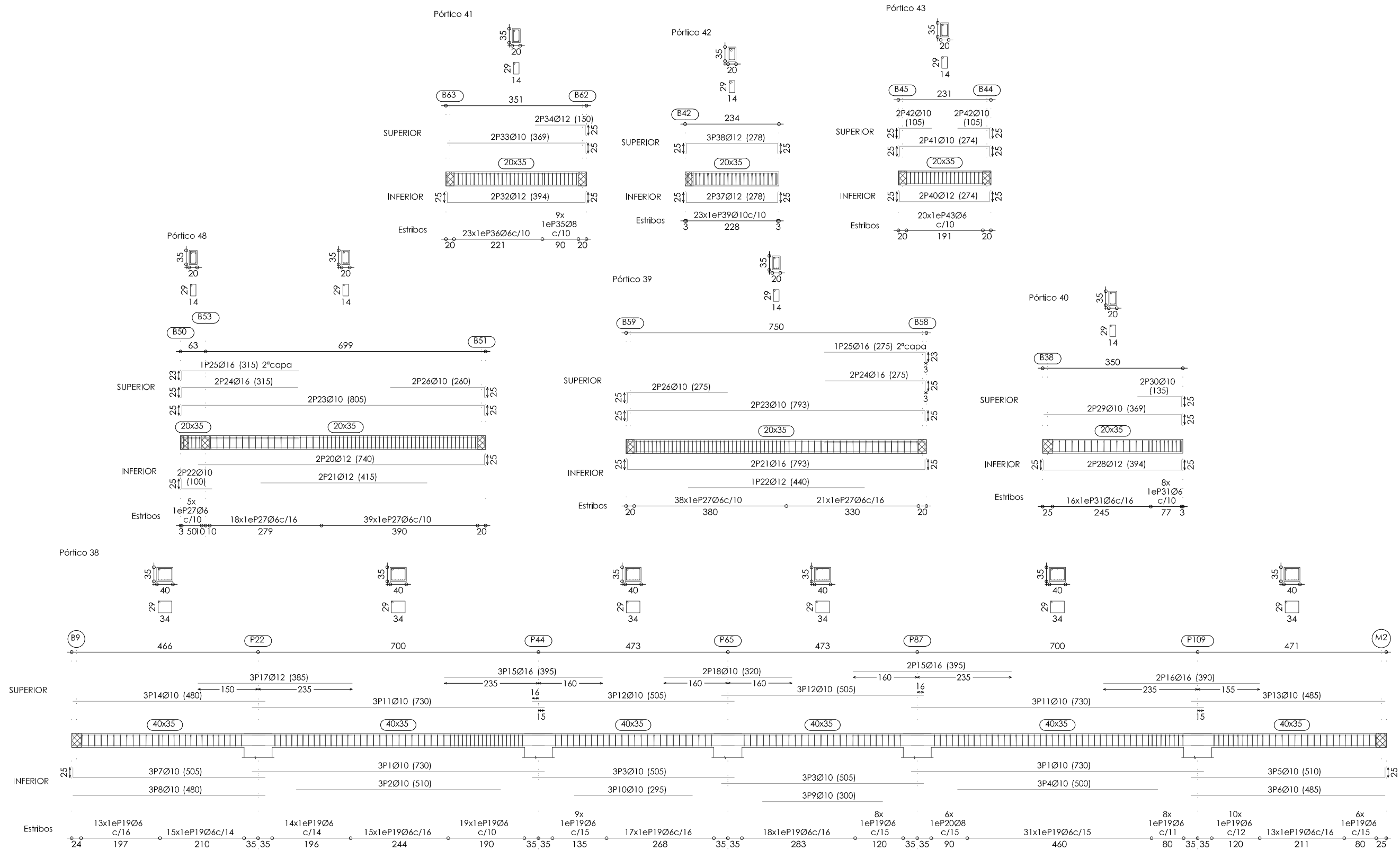
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón	
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I	
Denominación: A5.12 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer	Plano: A5.12
	Escala: 1/100	



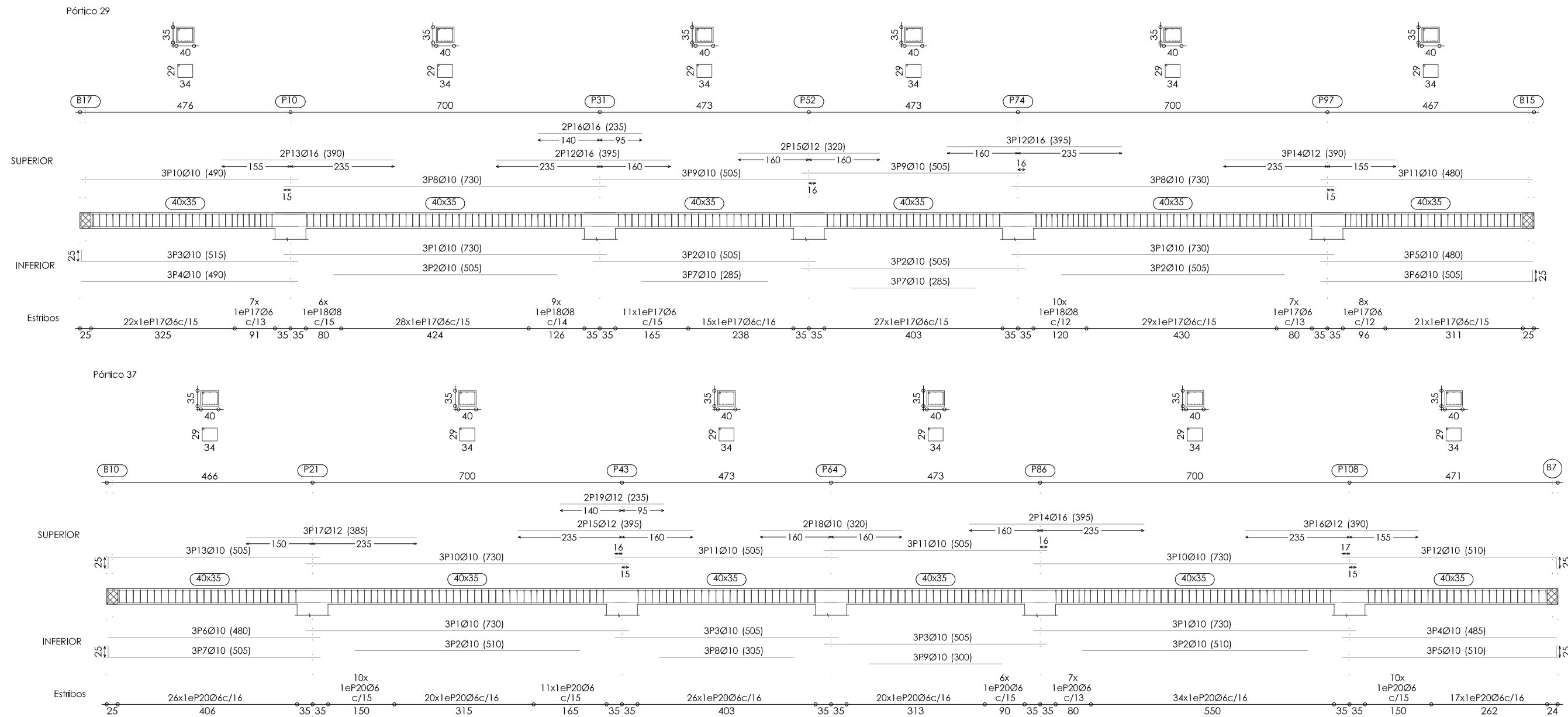
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.13 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.13



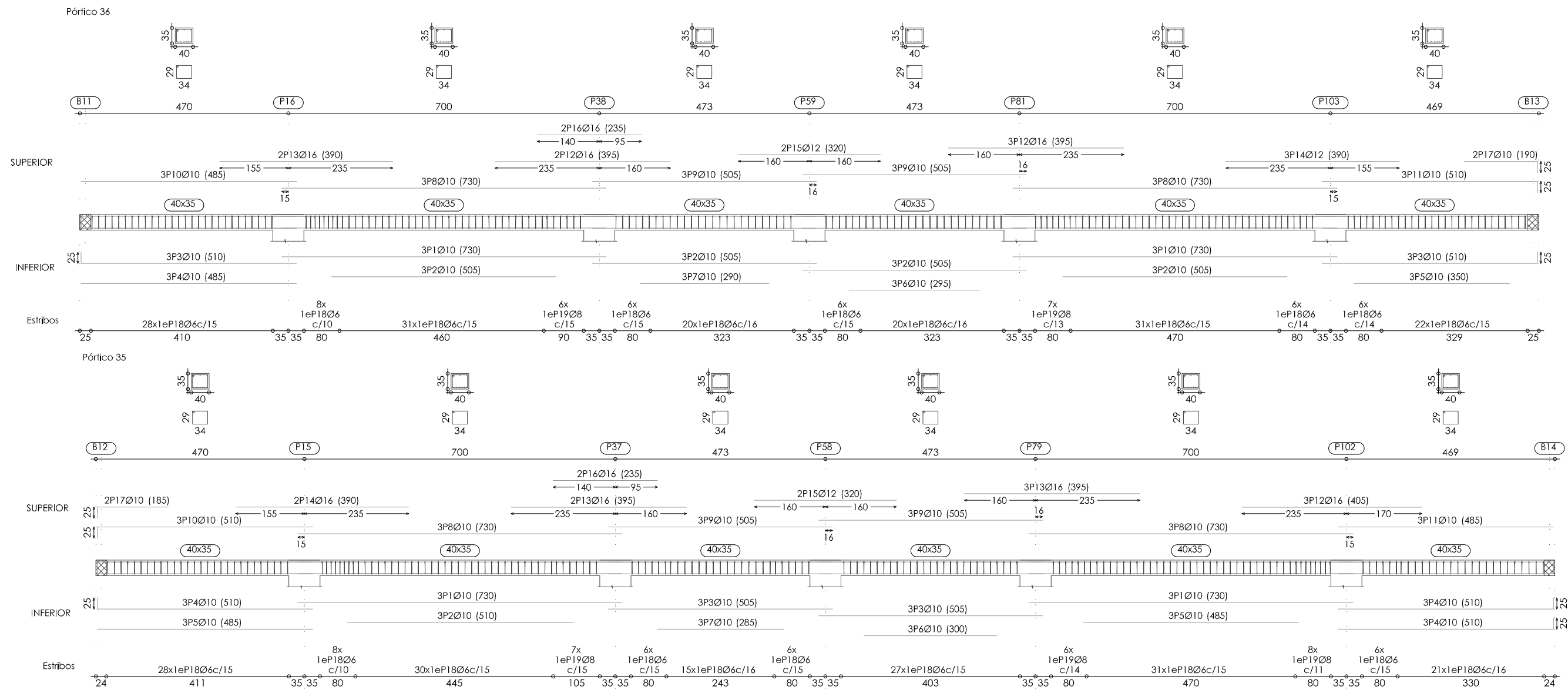
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.14 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.14



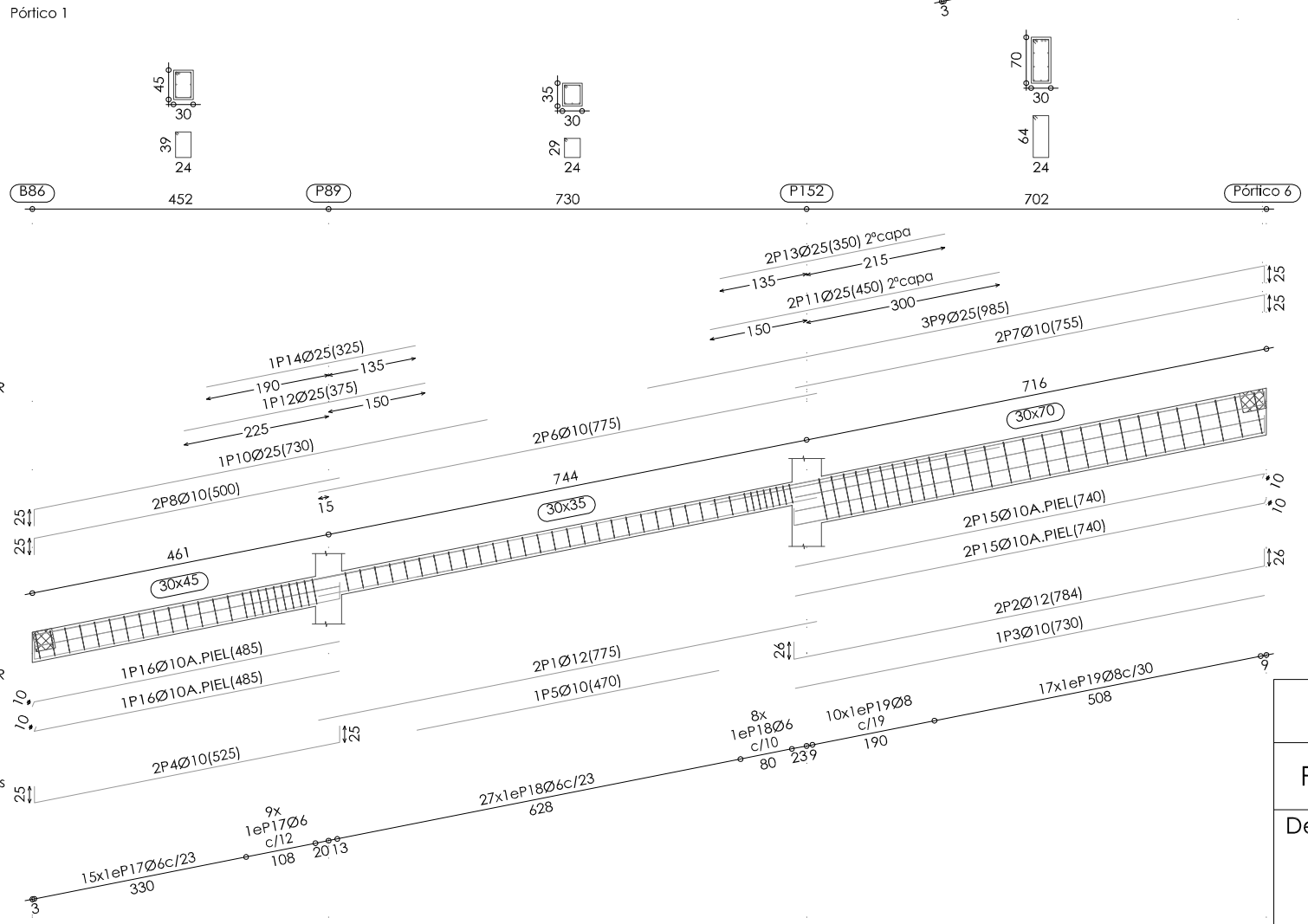
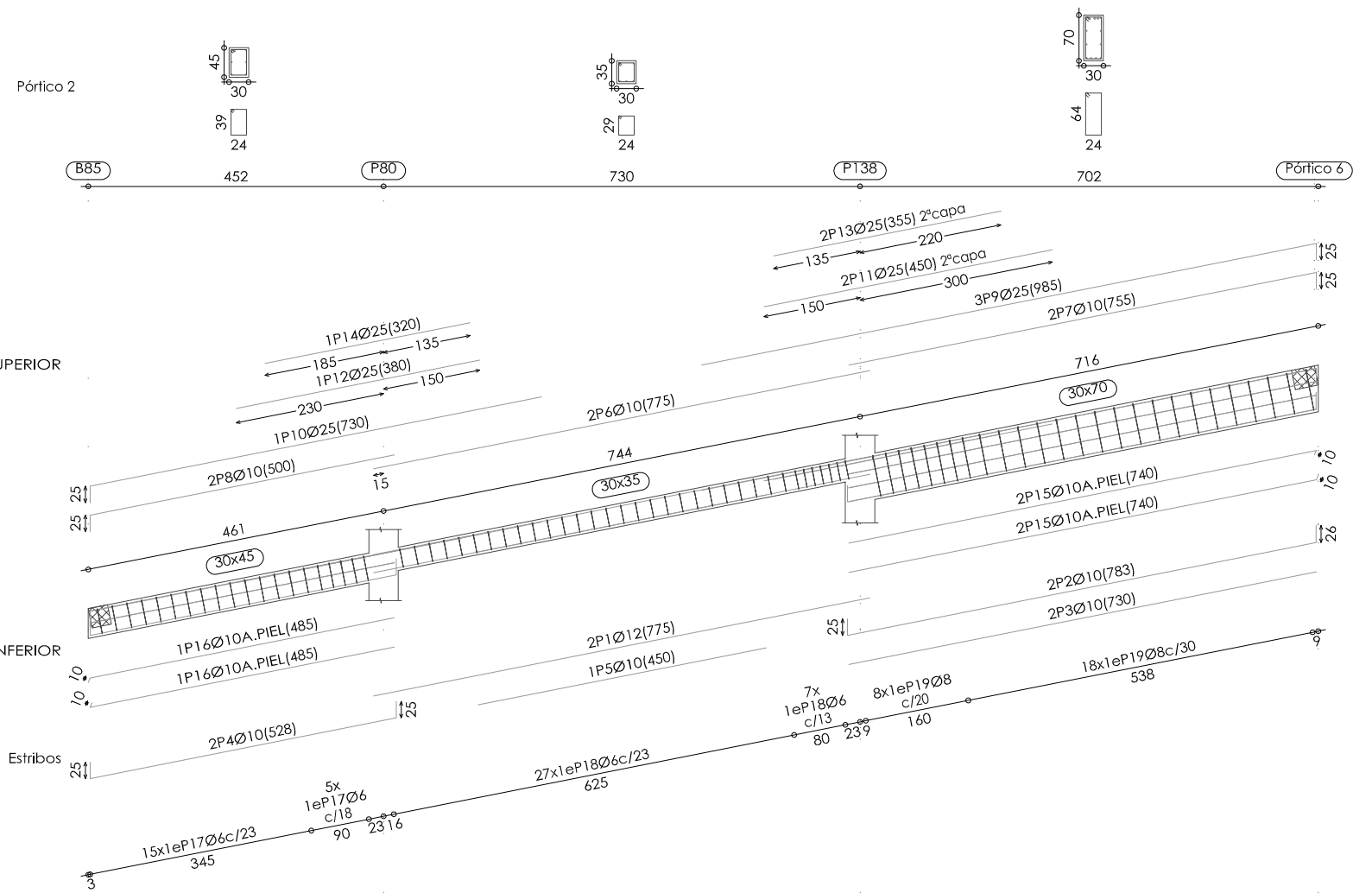
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.15 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.15



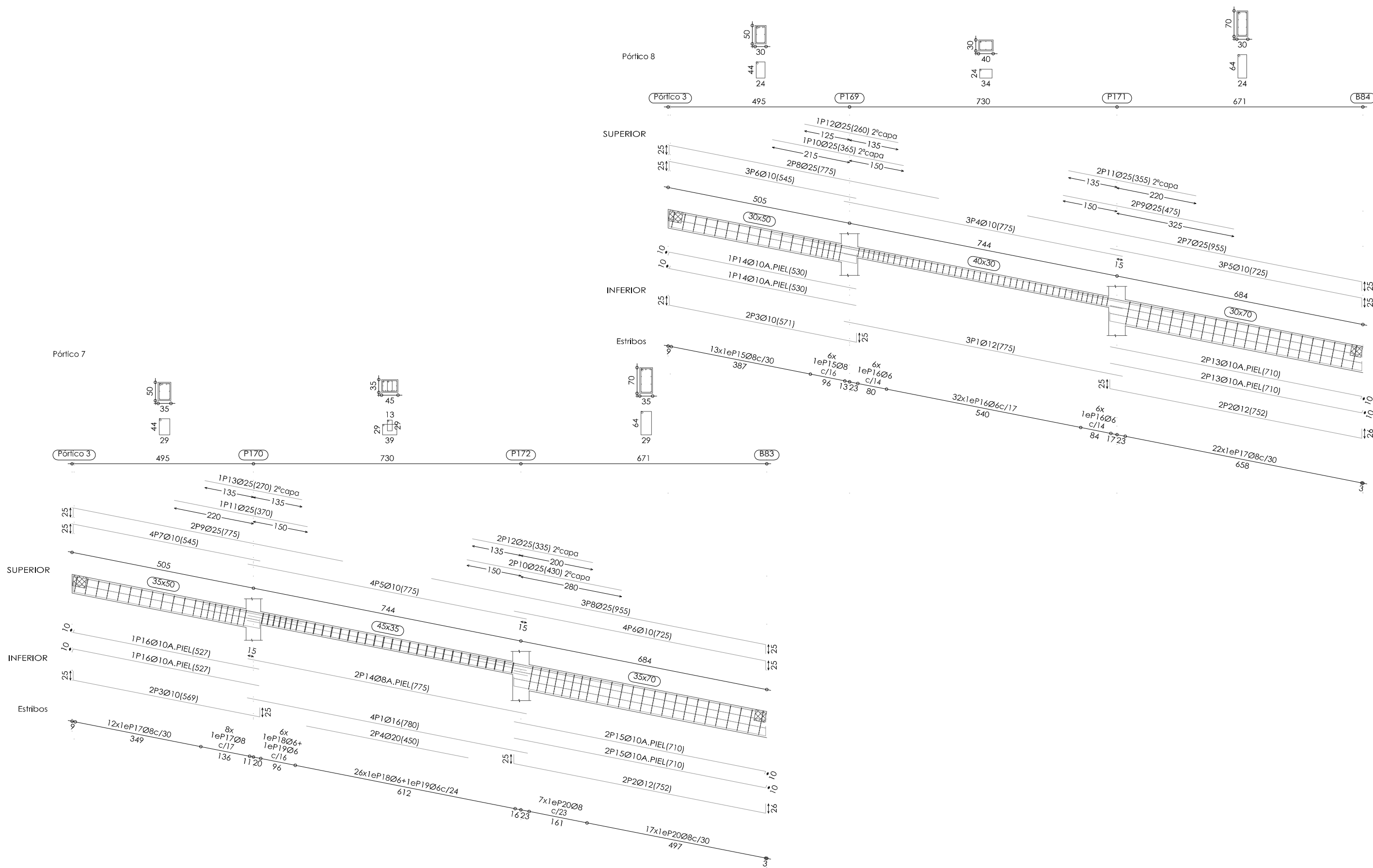
Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.16 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.16



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.17 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.17



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.18 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.18



Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A5.19 VIGAS FORJ.1 Y 2	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A5.19

P1=P2=P3=P4=P5=P6 P7=P8=P11=P12=P13 P14=P20=P21=P22 P23=P24=P25=P44 P65=P87=P93=P94 P95=P98=P99=P100 P101=P104=P105 P106=P107=P108 P109=P110=P122 P126=P130	P9=P10 P15=P97 P103	P16=P96	P17=P18=P19=P69 P92=P113=P125 P129=P133=P134 P137=P147=P150 P151=P156=P157 P160=P161=P162 P163=P164	P26	P27=P28=P29=P32=P33=P34 P36=P39=P40=P41=P42=P43 P45=P48=P49=P50=P53=P54 P55=P57=P60=P61=P62=P63 P64=P66=P70=P71=P72=P75 P76=P77=P78=P82=P83=P84 P85=P86=P88	P30=P31 P38=P73 P74=P81	P37=P79	P46=P47=P67=P68=P90 P91=P111=P112=P123 P124=P127=P128=P131 P132=P135=P136=P148 P149=P154=P155=P158 P159=P165=P166=P167 P168	P51	P52	P58	P59	P80	Forjado 3
														Forjado 2
														Cimentación

P172	P89	P102	P114	P115	P116	P117	P118=P139 P142=P143 P146	P119	P120=P145	P121	P138	P140=P141	P144	P152	P169	P170	P171	Forjado 3
																		Forjado 2
																		Cimentación

Curso 2014/2015	Título: Análisis frente al fuego de una estructura de hormigón
Proyecto final de grado	Localización: Garaje público en Universidad Jaume I
Denominación: A6. CUADRO PILARES	Autor: Raquel Fernández Caballer
	Escala: 1/100
	Plano: A6