



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

Estudio de soluciones para la rehabilitación de los forjados  
del edificio de la Antigua Prisión Provincial de Murcia.

---

*Presentado por*

Mateu Sánchez, Juan Antonio

---

*Para la obtención del*

Grado de Ingeniería Civil

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: 3 de septiembre de 2019*

*Tutor: Juan Navarro Gregori*



# ÍNDICE GENERAL:

## DOCUMENTO N°1: MEMORIA Y ANEJOS.

MEMORIA

ANEJO I: ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

ANEJO II: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

ANEJO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO

ANEJO IV: ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL FORJADO

ANEJO V: CÁLCULO

ANEJO VI: ESTUDIO DE SOLUCIONES

ANEJO VII: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

ANEJO VIII: VALORACIÓN ECONÓMICA

## DOCUMENTO N°2: PLANOS

PLANO 01. UBICACIÓN ACTUAL

PLANO 02. RESPORTEJE FOTOGRÁFICO

PLANO 03. ACCESOS

PLANO 04. DEMOLICIONES A REALIZAR EN PLANTA BAJA

PLANO 05. DEMOLICIONES A REALIZAR EN PLANTA PRIMERA

PLANO 06. REFUERZOS EN LA CARA INFERIOR DEL FORJADO

PLANO 07. PLANTA GENERAL DEL EDIFICIO

PLANO 08. ALTERNATIVA 1

PLANO 09. ALTERNATIVA 2

PLANO 10. ALTERNATIVA 3

PLANO 11. ALTERNATIVA 4

PLANO 12. PROCESO CONSTRUCTIVO 1

PLANO 13. PROCESO CONSTRUCTIVO 2

PLANO 14. PROCESO CONSTRUCTIVO 3

PLANO 15. PROCESO CONSTRUCTIVO 4



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

**ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA  
REHABILITACIÓN DE LOS FORJADO DEL EDIFICIO  
DE LA ANTIGUA PRISIÓN PROVINCIAL DE MURCIA.**

---

**DOCUMENTO N°1: MEMORIA Y ANEJOS**

---

Autor: Juan Antonio Mateu Sánchez

Tutor: Juan Navarro Gregori



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO

**ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA  
REHABILITACIÓN DE LOS FORJADO DEL EDIFICIO  
DE LA ANTIGUA PRISIÓN PROVINCIAL DE MURCIA.**

---

**MEMORIA**

---

## ÍNDICE.

<b>1. OBJETO DEL ESTUDIO Y ORGANIZACIÓN DEL TFG .....</b>	<b>6</b>
<b>2. LOCALIZACIÓN. ....</b>	<b>6</b>
<b>3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL. ....</b>	<b>8</b>
<b>4. ESTUDIO PREVIOS .....</b>	<b>9</b>
4.1. Estudio geológico y geotécnico .....	9
4.2. Estado actual del forjado. ....	10
4.3. Cálculo estructural .....	12
<b>5. ESTUDIO DE SOLUCIONES. ....</b>	<b>15</b>
<b>6. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>	<b>17</b>
<b>7. VALORACIÓN ECONÓMICA.....</b>	<b>21</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación general del edificio (Fuente: Google Maps) .....	6
Figura 2. Descripción de las zonas de acceso al edificio (Fuente: elaboración propia) ...	8
Figura 3. Zona de ubicación de la zona ensayada para la prueba de carga. (Fuente: Elaboración propia) .....	10
Figura 4. Croquis de la prueba de carga (Fuente: elaboración propia).....	11
Figura 5. Croquis acotado de la sección del forjado. (Fuente: elaboración propia) .....	12
Figura 6. Valores característicos para la sobrecarga de uso. (Fuente: Código Técnico de la Edificación).....	12
Figura 7. Distribución de las vigas y pilares. (Fuente: elaboración propia).....	14
Figura 8. Croquis de la alternativa escogida. (Fuente: elaboración propia) .....	17

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cargas a considerar en el cálculo del forjado. (Fuente: elaboración propia) ...	13
Tabla 2. Armadura de negativos necesario. (Fuente: datos obtenidos de CYPECAD)..	14
Tabla 3. Coeficientes de ponderación (Fuente: elaboración propia) .....	16
Tabla 4. Puntuación dada a cada alternativa. (Fuente: Elaboración propia) .....	16
Tabla 5. Resumen del análisis multicriterio. (Fuente: elaboración propia).....	17
Tabla 6. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 1. (Fuente: elaboración propia) .....	21
Tabla 7. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 2. (Fuente: elaboración propia) .....	22
Tabla 8. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 3. Marca comercial. (Fuente: elaboración propia).....	22
Tabla 9. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 3. Dosificación UPV. (Fuente: elaboración propia).....	23
Tabla 10. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 4. (Fuente: elaboración propia) .....	24
Tabla 11. Coste total de ejecución de Alternativa 1. (Fuente: Elaboración propia).....	24
Tabla 12. Coste total de ejecución de Alternativa 2. (Fuente: Elaboración propia).....	24
Tabla 13. Coste total de ejecución de Alternativa 3.1. (Fuente: Elaboración propia)....	25
Tabla 14. Coste total de ejecución de Alternativa 3.2. (Fuente: Elaboración propia)....	25
Tabla 15. Coste total de ejecución de Alternativa 4. (Fuente: Elaboración propia).....	25





## 1. Objeto del estudio y organización del TFG

El trabajo con el título “Estudio de Soluciones para la Rehabilitación del forjado de primera planta de la Antigua prisión provincial de Murcia”, tiene como objetivo la realización del Trabajo Final de Grado (TFG) en la titulación de Grado en Ingeniería Civil (GIC) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

En el presente trabajo se estudian distintas soluciones para realizar la rehabilitación del forjado de primera planta del edificio de la antigua prisión provincial de Murcia, de manera que se pueda obtener la solución óptima para poder realizar la rehabilitación del forjado. La finalidad es la de poder conseguir que el edificio de la “Cárcel Vieja” se convierta en un espacio sociocultural, para poder ser utilizado por los ciudadanos.

En esta memoria se explicará brevemente algunos de los aspectos más importantes, estando todos ellos más detallados en sus respectivos anejos.

## 2. Localización.

La antigua prisión provincial de Murcia se halla en la ciudad de Murcia, capital del municipio del mismo nombre y de la comunidad autónoma de la Región de Murcia. El municipio está ubicado a 40 km del mar Mediterráneo, más concretamente se podría decir que es el centro de la comarca Huerta de Murcia y de su área metropolitana.

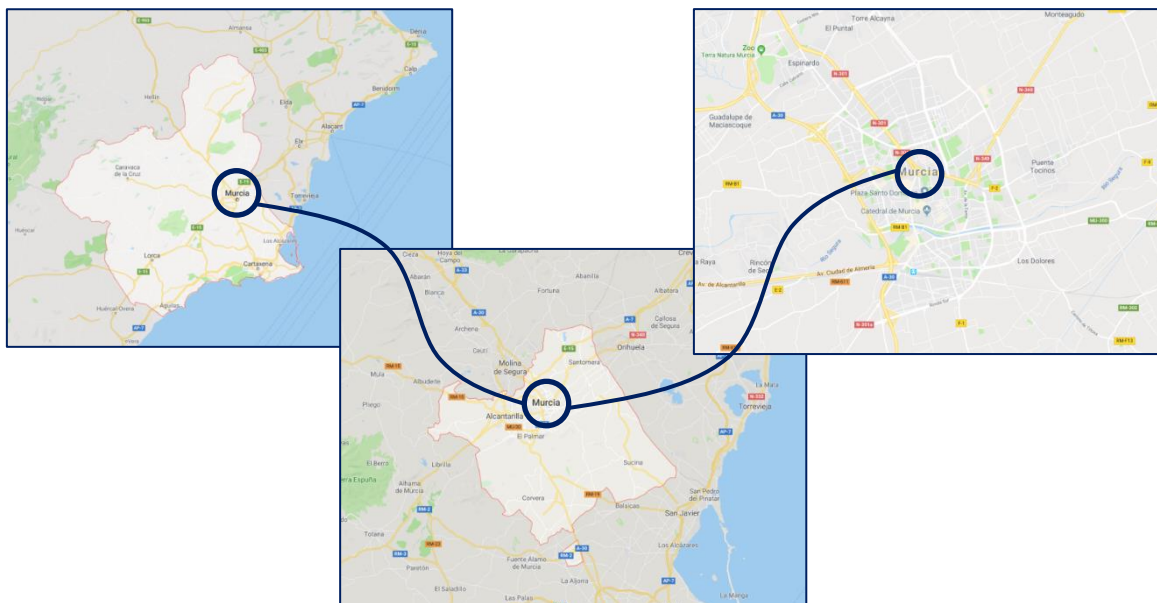


Figura 1. Ubicación general del edificio (Fuente: Google Maps)

El edificio se ubica en una zona céntrica de la ciudad de Murcia, cerca de la zona antigua (turística) de la ciudad, más concretamente se encuentra en la plaza triangular, por ello resulta un lugar idóneo para que los ciudadanos dispongan de un espacio sociocultural. A continuación, se describe la ubicación del edificio, así como las calles y edificios que rodean al mismo. En el Plano 01 se pueden ubicar concretamente dentro de la ciudad de Murcia.

- **Este:** Oficina de Correos
- **Sur:** Avenida General Primo de Rivera
- **Oeste:** Calle Torre de la Marquesa
- **Norte:** Calle Río Argos



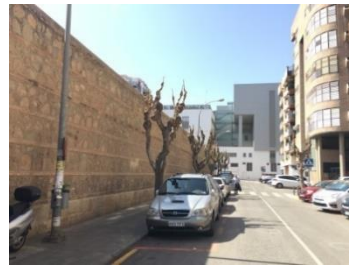
1. Calle Torre de la Marquesa



2. Av. General Primo de Rivera



3. Oficina de Correos



4. Calle Río Argos

Figura 2. Descripción de las zonas de acceso al edificio (Fuente: elaboración propia)

### 3. Antecedentes y estado actual.

El edificio de la Antigua Prisión Provincial de Murcia se construyó en 1929 y está inactivo desde 1980 ya que se trasladó su actividad al nuevo centro penitenciario de Sangonera. En los tiempos en los que se construyó, este quedaba a las afueras de la ciudad, al norte de ésta, aunque actualmente debido al crecimiento que ha sufrido se ha quedado en el centro del municipio.



La Cárcel Vieja de Murcia, como la llaman actualmente, conforme han ido avanzando los años ha cogido importancia dentro del patrimonio cultural de la ciudad, logrando sobrevivir hasta hoy en día gracias a diversos proyectos de rehabilitación y demolición que se han ido haciendo, aunque a pesar de estas modificaciones ha sufrido un mal mantenimiento y actualmente se encuentra en mal estado.

El objetivo del trabajo es la transformación de esta antigua prisión en un centro Sociocultural, un espacio central en la ciudad en el que se hagan exposiciones, actividades culturales y eventos para el disfrute de los ciudadanos. El solar en el que se sitúa el edificio tiene forma rectangular, tiene unas dimensiones aproximadas de 69,64 x 114,57 metros, con una superficie total de 7.927,67 m<sup>2</sup>, el complejo de la prisión ocupa la totalidad de la parcela.



## 4. Estudio Previos

### 4.1. Estudio geológico y geotécnico

En el “Anejo III: Estudio Geológico y Geotécnico” en el cual se ha estudiado las características de terreno sobre el que se encuentra el edificio, con el fin de poder realizar un cálculo correcto para dimensionar las características a adoptar por el forjado a rehabilitar.

Para llevar a cabo el estudio geológico de la zona se ha utilizado la Hoja 934-Murcia, recopilada del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), cuya escala es de 1:50.000.

La zona estudiada se encuentra ubicada desde el punto de vista geológico en la parte oriental de las Cordilleras Béticas, cadenas de plegamiento alpino que se extienden al sur de la Península Ibérica desde Andalucía hasta el Sur de la Región Valenciana.

Tras haber obtenido un estudio geológico de la zona de estudio se obtiene que el terreno en el cual se encuentra ubicada la Antigua Prisión Provincial de Murcia la consistencia del terreno en los estratos superiores es blanda y de poca tensión admisible, por lo que se concluye que no es posible realizar una cimentación superficial.

En cuanto a la estratigrafía del terreno obtenida en los sondeos realizados es de:

- **Nivel 1:** Arcilla de color marrón de consistencia blanda a firme
- **Nivel 2:** Arcillas de tonos marrones grisáceos de consistencia blanda
- **Nivel 3:** Arenas de tonos marrones de compacidad floja a media.
- **Nivel 4:** Gravas subredondeadas y arenas de tonos marrones de compacidad densa a muy densa.

Una vez realizado el análisis de los estratos del terreno sobre el que se va actuar se obtiene la conclusión de que la cimentación a realizar ha de ser mediante micropilotaje con el fin de poder alcanzar el **Nivel 4** que resulta ser un estrato competente gracias a la aparición de gravas y arenas de compacidad densa. En este apartado se ha querido únicamente mostrar el tipo de terreno sobre el que se haya el edificio, bien es cierto que para elegir la cimentación únicamente se ha tenido en cuenta si ha de ser superficial o profunda.

En cuanto a la zona de estudio se observa que, en el mapa sismorresistente, se obtiene que la aceleración básica del terreno en la ciudad de Murcia es:

$$\frac{a_b}{g} = 0.15$$

$$K = 1.0$$

Por ello a la hora de realizar el cálculo estructural del forjado, se ha de tener en cuenta el efecto del sismo.

## 4.2. Estado actual del forjado.

Para poder obtener las características mecánicas y el grado de deterioro del forjado objeto de estudio, se ha procedido a realizar una prueba de carga por una empresa especialista, a continuación, se procede a comentar este ensayo, más desarrollado en el “Anejo IV: Estado actual del forjado”.

El forjado de primera planta del edificio de la Antigua Prisión Provincial de Murcia cuenta con una superficie total de 530 m<sup>2</sup>, de los cuales se tiene que se han de eliminar para huecos de ascensores y escalera un total de 46 m<sup>2</sup>, por lo tanto, el forjado a rehabilitar tendría una superficie total de 484 m<sup>2</sup>.

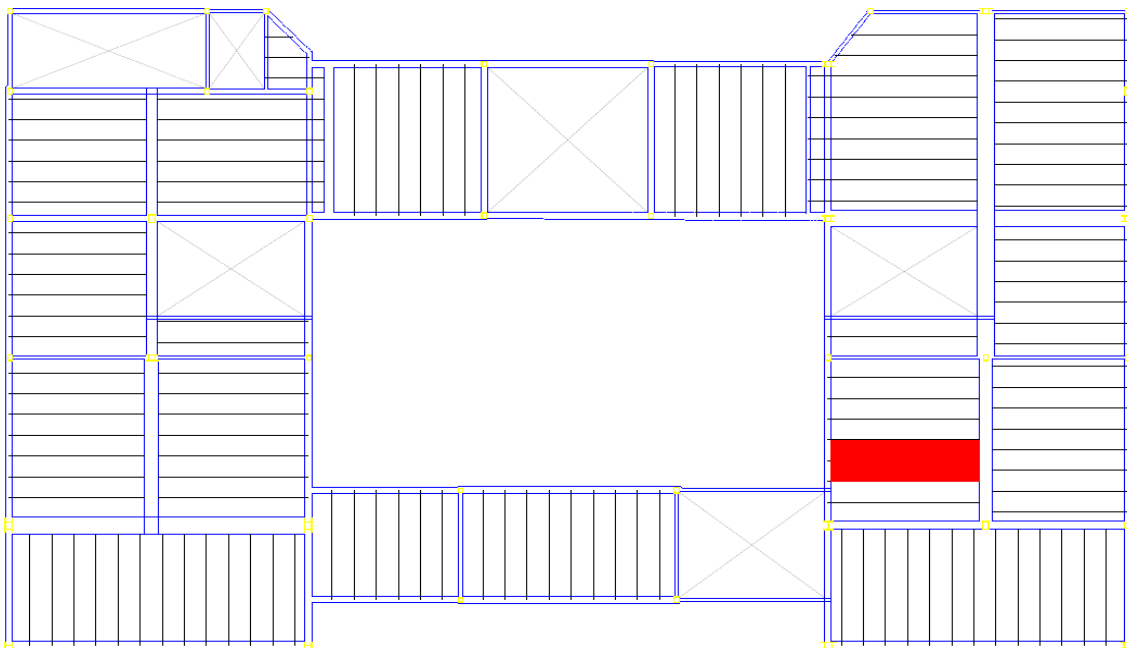


Figura 3. Zona de ubicación de la zona ensayada para la prueba de carga. (Fuente: Elaboración propia)

La sección transversal del forjado actual está compuesta de la siguiente manera, tal y como puede verse en la Figura 3:

- Elemento resistente: Vigüeta metálica tipo IPN140.
- Elemento de aligeramiento: ladrillo macizo.
- Capa de compresión actual de 5 centímetros.

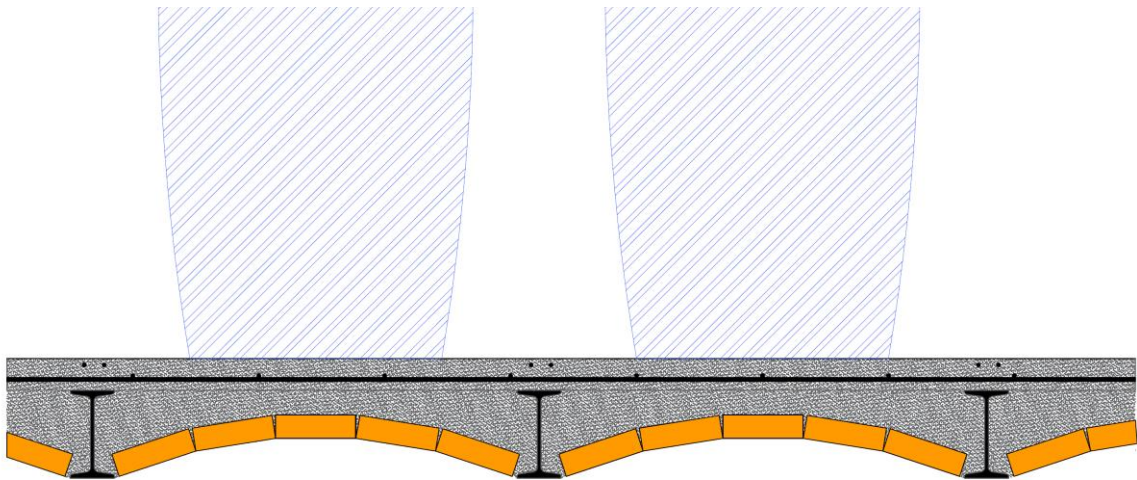


Figura 4. Croquis de la prueba de carga (Fuente: elaboración propia)

La prueba se realiza sobre el forjado con las siguientes características:

- Canto del Forjado: 19 centímetros.
- Luz: 5 metros.
- Carga del ensayo:  $6,74 \text{ kN/m}^2$ .
- Peso Propio:  $4 \text{ kN/m}^2$

La carga seleccionada de  $6,74 \text{ kN/m}^2$  debido a las siguientes justificaciones:

- Sobrecarga de uso para edificio tipo C3:  $5 \text{ kN/m}^2$ .
- Enlucido de yeso, solado y tabiquería a colocar:  $1,1 \text{ kN/m}^2$
- Recrecido de 2 cm de capa de compresión a colocar:  $0,5 \text{ kN/m}^2$

Con todas las cargas seleccionadas anteriormente se obtiene una carga a aplicar en la zona de ensayo de  $6,6 \text{ kN/m}^2$ .

La prueba consistía en un proceso de carga y descarga para comprobar si el forjado era capaz de resistir a las cargas sometidas en la prueba.

Por ello, una vez se ha realizado el ensayo de la prueba de carga se obtiene que el resultado de la prueba es satisfactorio, por lo tanto, el forjado actual podría rehabilitarse, por esta razón se obtiene la siguiente conclusión:

Una vez obtenido el resultado de la prueba de carga en el forjado, se puede tener certeza que las viguetas metálicas se encuentran en un estado bueno para poder soportar las cargas y transmitir las a las vigas, además la capa de compresión actual se encuentra en un estado aceptable, no obstante se aprecia durante la prueba de carga que el estado de la capa superficial del forjado es deficiente al haber filtraciones de agua sobre las viguetas metálicas, lo que indica que en la capa de compresión actual existe una interconexión de poros que facilita que aparezca corrosión en las viguetas metálicas.

### 4.3. Cálculo estructural

Para proceder a realizar el cálculo del forjado, se ha definido un forjado tipo compuesto por viguetas de hormigón prefabricadas tipo GALLIZO T-21 25+5 H x 70, con un canto total del forjado de 30 centímetros, y con bovedillas de hormigón en masa. Tal y como se muestra en la siguiente figura:

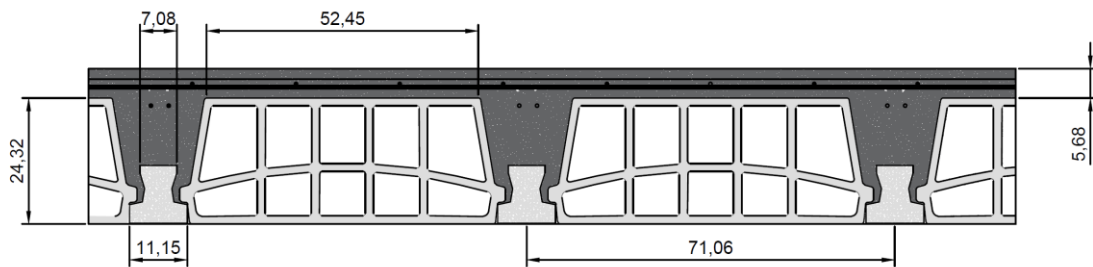


Figura 5. Croquis acotado de la sección del forjado. (Fuente: elaboración propia)

Las acciones que se han tenido en cuenta para poder calcular al forjado, como ya se ha comentado con anterioridad, al darle un uso público con grandes espacios para el libre flujo personas el edificio corresponde según el CTE a un edificio tipo C3.

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

Figura 6. Valores característicos para la sobrecarga de uso. (Fuente: Código Técnico de la Edificación)

<b>CARGAS Y SOBRECARGAS PRIMERA PLANTA</b>			
<b>CARGAS</b>			
<b>Peso propio</b>		4.00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Pavimentos</b>		0.80	kN/m <sup>2</sup>
<b>Tabiquería</b>		0.15	kN/m <sup>2</sup>
<b>Enlucidos de techos</b>		0.15	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total cargas</b>		5.10	kN/m <sup>2</sup>
<b>SOBRECARGAS</b>			
<b>Uso</b>		5.00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Total sobrecargas</b>		5.00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carga Concentrada</b>		4.00	kN/m

Tabla 1. Cargas a considerar en el cálculo del forjado. (Fuente: elaboración propia)

Puesto que la estructura principal se compone de muros de carga que van a ser demolidos y se van a sustituir por vigas y pilares metálicos, también se ha procedido a dimensionar esta estructura, aunque no sea alcance de este trabajo, ya que de manera indirecta afecta al comportamiento del forjado a rehabilitar. Para ello se ha utilizado el DB-SE-AE, SB-SE-A y la Norma Estructural del Acero (EAE), mientras que para dimensionar la capa de compresión se ha utilizado la Norma Estructural del Hormigón (EHE-08).

La normativa utilizada para poder realizar el cálculo y dimensionamiento del forjado viene reflejada en el “Anejo V: Cálculo”, de igual manera que las acciones a considerar.

Por otro lado, las hipótesis de cálculo consideradas se han basado en los artículos 13.2 y 13.3 de la EHE-08 y la comprobación de estados límites últimos según el artículo 13.1 de la EHE-08.

Una vez se han obtenido las características del forjado, las acciones a considerar y la normativa a aplicar, se ha introducido los datos en el programa CYPECAD, para poder obtener una aproximación del comportamiento del forjado y de la estructura en su conjunto. A continuación, se muestra la disposición en planta del forjado actual para poder obtener una idea del comportamiento del mismo.

El resumen tanto de las vigas como de los pilares metálicos que se han obtenido pueden verse en “Anejo V: Cálculo”.



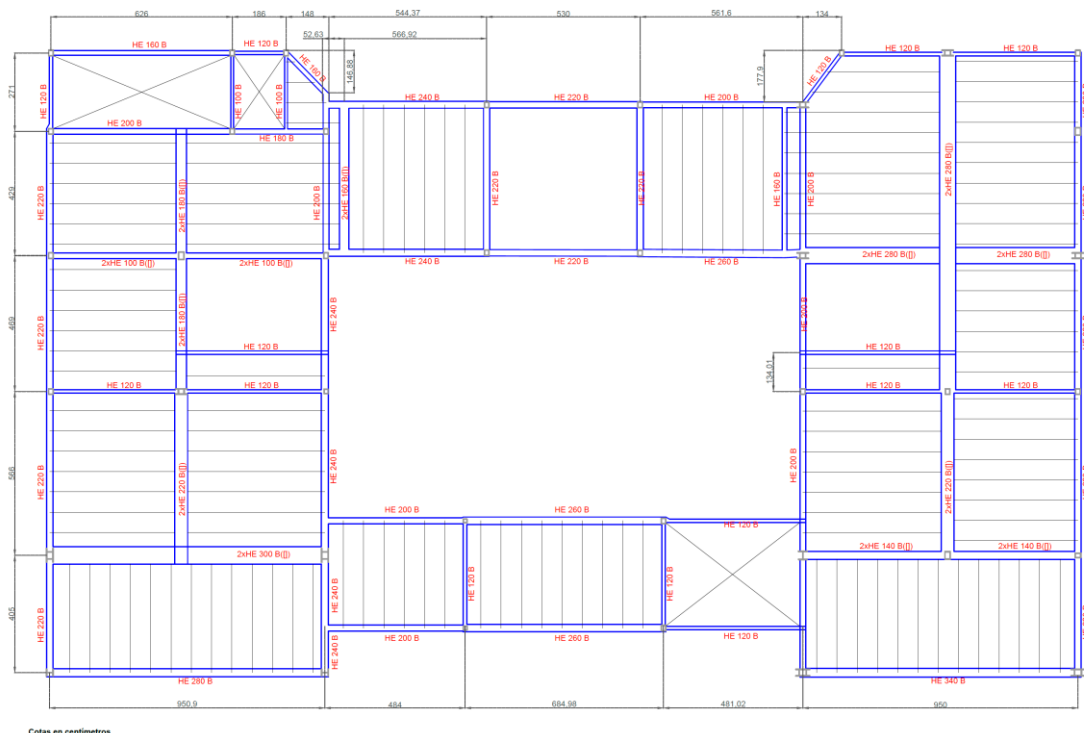


Figura 7. Distribución de las vigas y pilares. (Fuente: elaboración propia)

Una vez se ha comprobado que el forjado cumple con los requisitos mínimos para estados últimos y es apto para el servicio, se obtienen la armadura necesaria para poder resistir los momentos negativos que puedas suponer un levantamiento de la capa de compresión en las zonas de apoyo en las vigas. Así pues, se obtiene además la sección crítica la cual servirá de objeto de estudio para poder asegurar que la solución adoptada es capaz de resistir.

A continuación, se procede a mostrar una tabla resumen de la cantidad de armadura necesaria para poder subsanar los momentos negativos generados en los apoyos.

DIAMETRO	6	8
TOTAL METROS	265.26	344.56
TOTAL Kg +10 %	64.75	149.57

Tabla 2. Armadura de negativos necesario. (Fuente: datos obtenidos de CYPECAD).

Así pues, el momento negativo mayor, genera una tracción máxima que ha de resistir el forjado de 45 kN, que son resistido mediante la colocación de 2Ø6 y un Ø8, que son los redondos de acero a poder colocar debido a problemas de recubrimiento de la capa de compresión, por ello y tras realizar un resumen general generado por el programa CYPE se obtiene que serán necesarios los redondos comentado anteriormente del tipo B 500 S con un  $Y_s=1,15$  para poder asegurar la resistencia a esos momentos negativos.

## 5. Estudio de soluciones.

Se han propuesto varias alternativas con el fin de poder obtener la solución óptima para poder realizar la rehabilitación, en el cual se ha empleado un análisis multicriterio.

Los criterios estudiados son los siguientes: económicos, funcional, ambiental, estético y condicionante constructivo. A continuación, se procede a describir cada una de las diferentes alternativas, que vienen mejor detalladas en el “Anejo VI: Estudio de soluciones”, es convenientes destacar que la alternativa 0, no tiene sentido tenerla en cuenta en este estudio, puesto que al cambiar el uso del edificio y al realizarse la rehabilitación del edificio completa, ya que en la prueba de carga realizado en el forjado no se asegura la completa integridad de todo el forjado, además la capa de compresión actual presenta la interconexión de poros por lo que favorecería la filtración del agua y una posible afección a las viguetas metálicas.

La **alternativa 1** propone la demolición íntegra de la capa de compresión, para posteriormente colocar una nueva capa de compresión con un hormigón HA-25, esta solución es la que se suele emplear para realizar este tipo de rehabilitación. El principal inconveniente que puede tener esta alternativa es que puede ser que a la hora de realizar la demolición de la capa de compresión actual se puedan dañar las bovedillas actuales del forjado. La sección transversal de la alternativa puede verse en el documento nº 2 concretamente en el Plano 08.

La **alternativa 2** corresponde con una alternativa que consiste en la demolición total del forjado actual para posteriormente, realizar un nuevo forjado de viguetas de hormigón pretensadas, este tipo de forjados es el más utilizado en la actualidad, sobre todo para los forjados de nueva obra. Presenta el inconveniente principal que puede resultar muy costoso económicamente, además de que la estética bajo el forjado no sería la mas correcta puesto que precisaría la colocación de un falso techo. La sección transversal de la alternativa puede verse en el documento nº 2 concretamente en el Plano 09.

La **alternativa 3** utiliza una técnica que, aunque parece novedosa, no lo es, ya que hace bastante tiempo que se lleva investigando con este tipo de hormigones, estos son los HMAR (Hormigón de Muy Alta Resistencia). En esta alternativa lo que se busca es realizar la rehabilitación del forjado mediante la colocación de una capa de este tipo de hormigones, con el fin de poder ahorrar costes puesto que no sería necesario la colocación

de una malla electrosoldada ni la colocación de armadura de negativos. En el “Anejo VI: Estudio de soluciones” se diferencian dos tipos de alternativas dentro de la alternativa 3, una de ellas corresponde con hormigón fabricado en una central, y la otra corresponde con los sacos comercializados por una marca comercial, para poder posteriormente realizar una comparación entre la alternativa 3.1 (marca comercial) y la 3.2 (HMAR fabricado en central). La sección transversal de la alternativa puede verse en el documento nº 2 concretamente en el Plano 10.

Por último, la **alternativa 4** correspondería con la solución de realizar un forjado de chapa colaborante, puesto que en la actualidad es te tipo de forjado suele ser muy utilizado, presenta distintos inconvenientes como puede ser la necesidad de personal especializado para la colocación de la chapa. Por otro lado, presenta ventajas con respecto a otros como puede ser la rapidez de ejecución del forjado. La sección transversal de la alternativa puede verse en el documento nº 2 concretamente en el Plano 11.

En la siguiente tabla se ha decidido ubicar los correspondientes valores a los condicionantes y poder tener claro que valor específico tiene cada uno para poder realizar una buena valoración de las posibles alternativas.

CONDICIONANTE	COEFICIENTE
Económico	5
Funcional	5
Ambiental	2
Estético	4
Constructivo	3

Tabla 3. Coeficientes de ponderación (Fuente: elaboración propia)

A continuación, se representa en la siguiente tabla la valoración asignada en para cada uno de los condicionantes escogidos. Cada uno de la valoración asignada puede verse justificada en el “Anejo VI: Estudio de soluciones”

Condicionantes	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Económicos	4	1	5	3
Funcionales	2	5	2	4
Ambientales	4	1	5	2
Estéticos	5	3	5	3
Constructivos	4	3	5	1

Tabla 4. Puntuación dada a cada alternativa. (Fuente: Elaboración propia)

Una vez realizado el estudio de soluciones de todas las alternativas propuestas, se ha llegado a la conclusión de que la que resultará la más adecuada será la **alternativa 3**.

Condicionantes	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III	Alternativa IV
Económicos	20	5	25	15
Funcionales	10	25	10	20
Ambientales	8	2	10	4
Estéticos	20	12	20	12
Constructivos	12	9	15	3
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>53</b>	<b>80</b>	<b>54</b>

Tabla 5. Resumen del análisis multicriterio. (Fuente: elaboración propia)

A continuación, se muestra la vista en planta y la sección transversal de la solución escogida.

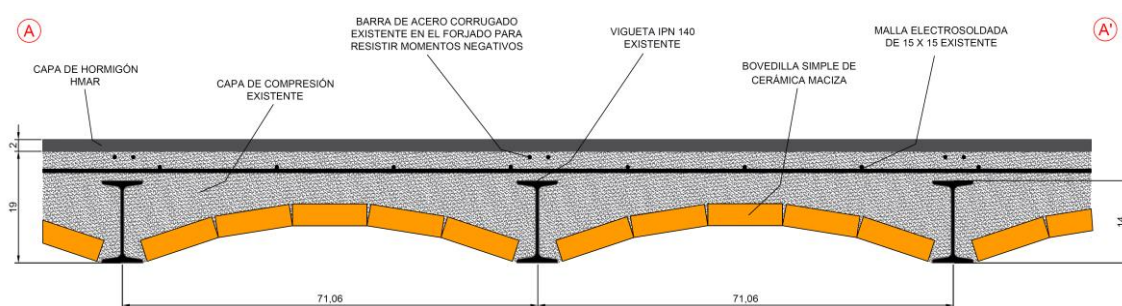


Figura 8. Croquis de la alternativa escogida. (Fuente: elaboración propia)

## 6. Desarrollo de la solución adoptada

Tal y como se ha podido comprobar en el punto anterior, la solución óptima para realizar la rehabilitación del forjado es la alternativa 3, que corresponde a la colocación de una capa de 2 centímetros de Hormigón de Muy Alta Resistencia Reforzadas con Fibras. En el “Anejo VII: Desarrollo de la solución óptima”, se describe más detalladamente este tipo de material, en ese anejo puede observarse que este tipo de hormigones ofrece unas resistencias mayores, además de presentar una durabilidad mayor, así como otras características que vienen detalladas en el anejo comentado anteriormente. Puede verse en mayor detalle el plano de la sección transversal de la solución en el Plano 10.

En la actualidad existen varias marcas comerciales que distribuyen este tipo de productos para diferentes usos, estos productos vienen en sacos con indicaciones para realizar la dosificación, por ello resulta muy cómodo para el usuario poder colocar este tipo de productos proporcionados por las marcas comerciales. Tal es la apuesta por fomentar este tipo de productos por las marcas comerciales, que, en algunos casos, las propias marcas

han desarrollado softwares basado en el Eurocódigo para que el cálculo sea lo menos tedioso posible.

Por ello este tipo de hormigones que presentan características notablemente superiores y mejores que los hormigones convencionales, y gracias a un gran aumento de la resistencia a tracción, debido a ser el resultado de una matriz cementosa de alta compacidad con una dosificación correcta de fibras de acero, lo que puede suponer un ahorro importante en cuanto a armadura se refiere.

Otra gran ventaja que presenta este tipo de hormigones es la alta compacidad y la poca porosidad que tiene, por lo tanto, se crearía una capa superficial en el forjado actual muy poco porosa que impediría la filtración de agua y con ello se podrían conservar en mejor estado las viguetas que conforman los nervios del forjado unidireccional.

La mano de obra necesaria para la colocación del hormigón es similar o menor a la necesaria en caso de necesitar colocar una capa de compresión nueva puesto que ya no hace falta la intervención de los ferrallistas, además como este tipo de hormigones presentan características como lo es la autocompactación, esto quiere decir que no es necesario realizar un extendido homogéneo del material, si no que lo realizar de manera natural gracias a los aditivos superplastificantes que aportan una consistencia fluida durante su colocación.

Gracias a sus elevadas características mecánicas es destacable comentar que los espesores necesarios para conseguir las mismas características que los hormigones convencionales serán mucho menores y por ende el gasto de hormigón será muy inferior al utilizado.

Por todo ello, se ha llegado a la conclusión tras realizar los cálculos y poder observar que el forjado se encuentra en condiciones buenas para poder resistir cargas de cierto nivel, que con una capa de compresión de este tipo de material de 2 centímetros se podría conseguir el mismo espesor que la solución que viene detallada en el proyecto inicial, que en este trabajo se trata de la alternativa 1.

Con esos 2 centímetros de capa de compresión, se conseguiría el mismo espesor y sin tener que retirar la capa de compresión actual, con lo que nos evitaríamos posibles afecciones tanto a las vigas metálicas como a las bovedillas existentes, además al tratarse

de hormigón de consistencia fluida y repartirse equitativamente por la superficie, por lo que si hubiera desperfectos fisuras podrían sellarse con este material durante su extendido.

Al ser un hormigón con una capacidad con mayor resistencia y compacidad podría ser beneficioso para los materiales que se ubiquen debajo puesto que evitaría infiltraciones de agua al no estar conectados los poros entre sí, además al tener la misma densidad que un hormigón convencional y tener el mismo espesor de capa de compresión global no se añadiría peso extra a las viguetas existentes.

También es importante destacar que al ser capaz de soportar el hormigón HMAR las tracciones producidas por los momentos negativos y de contar con una capa de compresión existente con malla electrosoldada y pernos de anclaje la resistencia a tracción que pudiera soportar el forjado en su conjunto sería mayor incluso que si se colocase una capa de compresión de hormigón convencional HA-25 con malla electrosoldada de 7 centímetros.

En cuanto a la puesta en obra en los planos de proceso constructivo se puede apreciar cómo se realizará el procedimiento, es importante destacar que este tipo de material no necesita de pernos de anclaje puesto que en la actualidad existen resinas que aseguran una transferencia por rasante adecuada entre el hormigón nuevo y el viejo.

Para poder proseguir con el cálculo es necesario realizar una Autorización de Uso que sea capaz de asegurar de manera fiable que la capa de compresión en conjunto con las viguetas metálicas sea capaz de resistir la carga obtenida, para ello se ha procedido a realizar una hoja Excel capaz de obtener de manera lógica y fiable que esto pueda cumplirse. Los pasos realizados vienen reflejados en el “Anejo VII: Desarrollo de la solución adoptada”.

A continuación, se procede a resumir los diferentes procesos constructivos que se van a realizar durante todo el proceso de rehabilitación de la Antigua Prisión Provincial de Murcia, en este proceso se han incluido además de la rehabilitación del forjado, el resto de las rehabilitaciones, lo que se busca es tener una idea global de cómo se procedería a realizar el proceso constructivo de la rehabilitación global del edificio, ya que el alcance de este trabajo enmarca únicamente la rehabilitación del forjado. Para tener una visión global de los procesos constructivos, pueden verse del Plano 12 al Plano 15.

1. Apeo del forjado de primera planta.
2. Demolición de la cubierta.
3. Demolición de la tabiquería y muros de carga de la primera planta.
4. Demolición de la tabiquería de la planta baja.
5. Demolición de los muros de carga donde se ubicarán los nuevos pilares.
6. Demolición del forjado de planta baja.
7. Ejecución de las cimentaciones de los nuevos pilares.
8. Colocación de los nuevos pilares.
9. Demolición de la parte superior de los muros de carga.
10. Colocación de las vigas de pilar a pilar.
11. Corrección de las posibles patologías en el forjado.
12. Extendido de la capa de compresión HMARFV.
13. Colocación de los pilares de planta primera.
14. Colocación de la cubierta.
15. Retirada de los apeos y pintura de las viguetas con pintura ignífuga.

Tras todo ello se procede a realizar una valoración económica y una comparación con las distintas alternativas con el fin de poder contabilizar monetariamente el valor de la actuación.

## 7. Valoración económica.

En este apartado de la memoria se quiere mostrar la descomposición de precio de todas y cada una de las alternativas, para poder obtener una comparación y el porcentaje de reparto en cada una de ellas.

### ALTERNATIVA 1.

CANT/m2	Ud	DESCRIPCIÓN	€/Ud	€/m2	%
0,1	kg	Acero en barras corrugadas	0,3	0,03	0,08%
3	ud	Separador homologado para losa macizas	0,05	0,15	0,38%
1,2	m2	Malla electrosoldada	0,94	1,13	2,83%
0,077	m3	Hormigón HA-25/B/12/IIa	37,53	2,89	7,26%
0,1	m3	Agua	0,76	0,08	0,19%
0,004	h	Camión bomba	86,14	0,34	0,87%
0,904	h	Oficial 1ª estructurista	15,02	13,58	34,10%
0,904	h	Ayudante de estructurista	14,76	13,34	33,51%
8	ud	Conector de perno	0,82	6,56	16,47%
2	ud	Clavo de acero galvanizado	0,15	0,30	0,75%
2	ud	Cartucho de pólvora para fijación	0,11	0,22	0,55%
0,025	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica	15,02	0,38	0,94%
1,1	%	Medios auxiliares	39	0,43	1,08%
<b>Suma de la partida</b>				<b>39,42</b>	<b>99%</b>
<b>Costes indirectos</b>				<b>0,39</b>	<b>1%</b>
<b>TOTAL</b>				<b>39,82</b>	<b>100%</b>

Tabla 6. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 1. (Fuente: elaboración propia)

### ALTERNATIVA 2.

CANT/m2	Ud	DESCRIPCIÓN	€/Ud	€/m2	%
0,022	m2	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor.	19	0,42	0,94%
0,044	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm	2,22	0,10	0,22%
0,004	m2	Estructura soporte para encofrado recuperable	43,07	0,17	0,39%
0,02	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	3,55	0,07	0,16%
0,015	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable	0,99	0,01	0,03%
5,25	ud	Bovedilla de hormigón, 60x20x25 cm. Incluso piezas especiales.	0,3	1,58	3,53%
1,651	m	Vigueta pretensada	3,04	5,02	11,26%
0,8	ud	Separador homologado para vigas.	0,05	0,04	0,09%
16	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero B500SD	0,41	6,56	14,72%



0,11	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,55	0,06	0,14%
1,1	m2	Malla electrosoldada ME 20x20 Ø 6-6 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 1080	0,94	1,03	2,32%
0,147	m3	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central (D.O.R.)	36,68	5,39	12,10%
0,15	l	Agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.	0,97	0,15	0,33%
0,556	h	Oficial 1ª encofrador.	15,02	8,35	18,73%
0,547	h	Ayudante encofrador.	14,76	8,07	18,11%
0,112	h	Oficial 1ª ferrallista.	15,02	1,68	3,77%
0,112	h	Ayudante ferrallista.	14,76	1,65	3,71%
0,045	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón	15,02	0,68	1,52%
0,178	h	Ayudante de estructuris, en trabajo de puesta en obra del hormigón	14,76	2,63	5,89%
1,10%	%	Medios Auxiliares	43,7	0,48	1,08%
<b>Suma de la partida</b>				44,13	98,99%
<b>Costes indirectos</b>				0,44	0,99%
<b>TOTAL PARTIDA</b>				44,58	100%

Tabla 7. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 2. (Fuente: elaboración propia)

### ALTERNATIVA 3.1 MARCA COMERCIAL.

CANT/m2	Ud	DESCRIPCIÓN	€/Ud	€/m2	%
3.000	ud	Separador homologado para losa macizas	0.05	0.15	0.36%
0.011	m3	MARCA COMERCIAL	3000	32.50	76.92%
0.003	m3	Agua	0.76	0.00	0.01%
0.004	h	Amasadora	0.625	0.00	0.01%
0.362	h	Oficial 1ª estructurista	15.02	5.44	12.87%
0.300	kg	PRODUCTO PARA ASEGURAR TRANSFERENCIA	9.3	2.79	6.60%
2.000	ud	Clavo de acero galvanizado	0.15	0.30	0.71%
2.000	ud	Cartucho de pólvora para fijación	0.11	0.22	0.52%
1.100	%	Medios auxiliares	39	0.43	1.02%
<b>Suma de la partida</b>				41.83	99%
<b>Costes indirectos</b>				0.42	1%
<b>TOTAL</b>				42.25	100%

Tabla 8. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 3. Marca comercial. (Fuente: elaboración propia)

## ALTERNATIVA 3.2 BASADA EN DOSIFICACIÓN UPV.

CANT/m2	Ud	DESCRIPCIÓN	€/Ud	€/m2	%
3.000	ud	Separador homologado para losa macizas	0.05	0.15	0.47%
0.011	m3	BASADO EN ELABORACIÓN UPV	2000	21.67	68.45%
0.003	m3	Agua	0.76	0.00	0.01%
0.004	h	Camión bomba	86.14	0.34	1.09%
0.362	h	Oficial 1ª estructurista	15.02	5.44	17.18%
0.300	kg	PRODUCTO PARA ASEGURAR TRANSFERENCIA	9.3	2.79	8.81%
2.000	ud	Clavo de acero galvanizado	0.15	0.30	0.95%
2.000	ud	Cartucho de pólvora para fijación	0.11	0.22	0.70%
1.100	%	Medios auxiliares	39	0.43	1.36%
<b>suma partida</b>				31.34	99.00%
<b>Costes indirectos</b>				0.31	1.00%
<b>TOTAL</b>				31.65	100%

Tabla 9. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 3. Dosificación UPV. (Fuente: elaboración propia)

## ALTERNATIVA 4.

CANT/m2	Ud	DESCRIPCIÓN	€/Ud	€/m2	%
1,050	m2	Perfil de chapa de acero galvanizado con forma grecada, de 0,7 m	9,29	9,75	25,15%
0,040	m2	Pieza angular de chapa de acero galvanizado, para remates perime	13,78	0,55	1,42%
6,000	Ud	Tornillo autotaladrante rosca-chapa, para fijación de chapas,	0,06	0,36	0,93%
3,000	Ud	Separador homologado para losas,	0,05	0,15	0,39%
1,000	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas	0,40	0,40	1,03%
0,028	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro,	0,55	0,02	0,05%
1,150	m2	Malla electrosoldada ME 10x10 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 1080	1,35	1,55	4,00%
0,620	m3	Hormigón HA-25/B/20/Ila, fabricado en central,	33,12	2,05	5,29%
10,000	Ud	Conector de acero galvanizado con cabeza de disco, de 19 mm de d	0,34	3,40	8,77%
0,150	l	Agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros,	0,97	0,15	0,39%
0,504	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura de conectores,	8,90	4,49	11,58%
0,630	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica,	15,02	9,46	24,41%
0,244	h	Ayudante montador de estructura metálica,	14,76	3,60	9,29%
0,034	h	Oficial 1ª ferrallista,	15,02	0,51	1,32%
0,032	h	Ayudante ferrallista,	14,76	0,47	1,21%
0,014	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón	15,02	0,21	0,54%

0,057	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón	14,76	0,84	2,17%
1,100	%	Medios auxiliares	38,00	0,42	1,08%
<b>Suma de la partida</b>				<b>38,38</b>	<b>99%</b>
<b>Costes indirectos</b>				<b>0,38</b>	<b>1,00%</b>
<b>TOTAL PARTIDA</b>				<b>38,76</b>	<b>100%</b>

Tabla 10. Cuadro de precios descompuestos Alternativa 4. (Fuente: elaboración propia)

Tal y como puede comprobarse el precio del material de la alternativa 3 para este tipo de rehabilitaciones es el que mayor porcentaje ocupa del cuadro de precios descompuestos, de ahí sale que haya una gran diferencia, puesto que en la tabla de la alternativa 3.1 el margen comercial es mucho mayor que el que pudiera tener una planta de fabricación de hormigón como se muestra en la alternativa 3.2.

A continuación, se muestra el precio total de realización de cada una de las alternativas para la realización del forjado.

#### ALTERNATIVA 1.

PARTIDA	MEDICIÓN (m2)	PRECIO (€/m2)	COSTE (€)
Demolición	530,68	4,47	2.372,14
Capa de compresión	484,00	39,82	19.272,02
<b>COSTE TOTAL DE REHABILITACIÓN</b>			<b>21.644,16</b>

Tabla 11. Coste total de ejecución de Alternativa 1. (Fuente: Elaboración propia)

En este caso el **precio total** de la reparación del forjado de primera planta tendrá un coste de ejecución material de **VEINTIÚN MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS Y DIECISEIS CÉNTIMOS (21.644,16 €)**.

#### ALTERNATIVA 2.

PARTIDA	MEDICIÓN (m2)	PRECIO (€/m2)	COSTE (€)
Demolición	530,68	23,28	12.354,23
Rehabilitación	484,00	44,58	21.576,72
<b>COSTE TOTAL DE REHABILITACIÓN</b>			<b>33.930,95</b>

Tabla 12. Coste total de ejecución de Alternativa 2. (Fuente: Elaboración propia)

En este caso el **precio total** de la reparación del forjado de primera planta tendrá un coste de ejecución material de **TRINTA Y TRES MIL NOVECIENTOS TREINTA EUROS Y NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS (33.930,95 €)**.

## ALTERNATIVA 3.1 MARCA COMERCIAL.

PARTIDA	MEDICIÓN (m2)	PRECIO (€/m2)	COSTE (€)
Rehabilitación	484,00	59,92	29.003,37
<b>COSTE TOTAL DE REHABILITACIÓN</b>			<b>29.003,37</b>

Tabla 13. Coste total de ejecución de Alternativa 3.1. (Fuente: Elaboración propia)

En este caso el **precio total** de la reparación del forjado de primera planta tendrá un coste de ejecución material de **VEINTINUEVE MIL TRES EUROS Y TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS (29.003,37 €)**.

## ALTERNATIVA 3.2 BASADA EN DOSIFICACIÓN UPV.

PARTIDA	MEDICIÓN (m2)	PRECIO (€/m2)	COSTE (€)
Rehabilitación	484,00	38,39	18.579,06
<b>COSTE TOTAL DE REHABILITACIÓN</b>			<b>18.579,06</b>

Tabla 14. Coste total de ejecución de Alternativa 3.2. (Fuente: Elaboración propia)

En este caso el **precio total** de la reparación del forjado de primera planta tendrá un coste de ejecución material de **DIECIOCHO MIL QUINIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS Y SEIS CÉNTIMOS (18.579,06 €)**.

## ALTERNATIVA 4.

PARTIDA	MEDICIÓN (m2)	PRECIO (€/m2)	COSTE (€)
Demolición	530,68	23,29	12.354,23
Rehabilitación	484,00	38,76	18.759,84
<b>COSTE TOTAL DE REHABILITACIÓN</b>			<b>31.114,07</b>

Tabla 15. Coste total de ejecución de Alternativa 4. (Fuente: Elaboración propia)

En este caso el **precio total** de la reparación del forjado de primera planta tendrá un coste de ejecución material de **TREINTA Y UN MIL CIENTO CATORCE EUROS Y SIETE CÉNTIMOS (31.114,07 €)**.

Tras realizar la valoración económica de las alternativas, se puede deducir que la alternativa 3.2. es la más económica viable, y como se ha visto en el “Anejo VI: Estudio de soluciones”, es la solución óptima a realizar, tal y como se puede apreciar en la tabla de precios descompuestos esta solución se realizaría en mayor cantidad si las centrales de hormigón fabricaran este tipo de dosificaciones para no tener que recurrir al producto que proporcionan las marcas comerciales y que tienen un margen de beneficio alto.

## **8. Conclusiones**

Después de la información recogida en la presente memoria, teniendo en cuenta su desarrollo en los correspondientes anejos y junto con el resto de los documentos que componen el “Estudio de Soluciones para la Rehabilitación del forjado de primera planta de la Antigua Prisión Provincial de Murcia”, que la solución propuesta y desarrollada satisface las necesidades exigidas, cumple con la normativa vigente y es viable desde el punto de vista económico.