

**ESTUDIO DE DAÑOS
en
FORJADOS
UNIDIRECCIONALES
DE HORMIGÓN**

–Resumen–

COLECCIÓN
ESD

ESTUDIO DE DAÑOS
en
FORJADOS
UNIDIRECCIONALES
DE HORMIGÓN
-Resumen-

Manuel Jesús Carretero Ayuso

FUNDACIÓN
musaat

1.ª edición: diciembre 2025.

Fecha de redacción: octubre de 2025.

Autor: Manuel Jesús Carretero Ayuso.

PROMUEVE Y EDITA: Fundación MUSAAT, Calle del Jazmín, 66 - 28033 MADRID.

IMPRIME: Gráficas Hispania Valladolid, S.L. - Tfno.: 983 292 074.

ISBN de la Colección ESD: 978-84-09-65693-6

ISBN del Cuaderno 5: 978-84-09-78669-5

©de la edición, Fundación MUSAAT, todos los derechos reservados.

No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

CUADERNO

5

COLECCIÓN

ESTUDIO SECTORIZADO DE DAÑOS

CONSTRUCTIVOS EN ESPAÑA

Promotor:

Fundación Musaat

Autor y dirección técnica:

Manuel Jesús Carretero Ayuso

Coordinación:

Ainara Vinagre Cañadas

Equipo técnico:

Ervin Erick Valverde Zumaeta

Daniela Tabares Villada

Kevin José Rojas Rayme

Con la colaboración de

musaat

PRÓLOGO 9**SECCIÓN A. CONSIDERACIONES, METODOLOGÍA Y ÁMBITO 11****1. PRESENTACIÓN 13**

1.1. INTRODUCCIÓN 13

1.2. OBJETIVOS. 13

2. METODOLOGÍA Y TRATAMIENTO DE DATOS 13

2.1. FUENTE DE INFORMACIÓN 14

2.2. TRATAMIENTO DE LOS DATOS 14

2.3. CONCEPTOS BÁSICOS 15

2.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS DESCRIPTORES 16

3. ÁMBITO DEL ESTUDIO Y DATOS RELACIONADOS 19

3.1. VOLUMEN DE DATOS Y PARÁMETROS ANALIZADOS 19

3.2. TIPO DE EDIFICACIÓN 19

4. ANEXOS 22

ANEXO A: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE VARIANTE 23

ANEXO B: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE ELEMENTO 24

ANEXO C: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE PATOLOGÍA. 25

ANEXO D: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE CAUSA 26

ANEXO E: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE MATERIAL 28

ANEXO F: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE EDIFICACIÓN 29

SECCIÓN B. ANÁLISIS GENERAL DE LOS PROCESOS PATOLÓGICOS . 31**5. RESULTADOS BÁSICOS POR DESCRIPTORES 33**

5.1. VARIANTE. 33

5.2. ELEMENTO. 34

5.3. PATOLOGÍA. 35

5.4. CAUSA 36

6. RESULTADOS SEGÚN LA VARIANTE.	37
6.1. FORJADO UNIDIRECCIONAL ALVEOLAR	37
6.2. FORJADO UNIDIRECCIONAL DE VIGUETA	40
6.3. LOSAS DE RAMPA Y ESCALERA	45
7. RESULTADOS SEGÚN EL ELEMENTO	48
7.1. ELEMENTO – VARIANTE	48
7.2. ELEMENTO – PATOLOGÍA	49
7.3. ELEMENTO – CAUSA	50
7.4. ELEMENTO – MATERIAL	52
8. RESULTADOS SEGÚN LA PATOLOGÍA	53
8.1. PATOLOGÍA – VARIANTE	53
8.2. PATOLOGÍA – ELEMENTO	54
8.3. PATOLOGÍA – CAUSA	55
9. RESULTADOS SEGÚN LA CAUSA.	56
9.1. CAUSA – VARIANTE	56
9.2. CAUSA – ELEMENTO	57
9.3. CAUSA – PATOLOGÍA	59
SECCIÓN C. CONCLUSIONES	61
AUTOR Y EQUIPO TÉCNICO.	67

PRÓLOGO

Después de doce meses de labores de investigación y tipificación, en los que se ha trabajado de manera extraordinariamente intensa y continua, leyendo una gran cantidad de expedientes, presentamos el quinto cuaderno de la Colección 'Estudio sectorizado de daños constructivos en España (ESD-5)'. Se trata de un grupo de publicaciones que se gestaron en plena pandemia por la Covid-19 (2020-2021) y durante la cual se preparó la metodología, la logística y la jerarquía de interrelaciones entre los diferentes descriptores (zona, tipología, variante, elemento, material, patología, causa) y los parámetros (tipo de edificación, tipo de obra, etc.).

Este cuaderno está dedicado a los forjados unidireccionales, la solución estructural de forjados más habitual en nuestro país. Para la realización de esta investigación se han verificado miles de casos de reclamaciones por existencia de daños en edificios, centrados justamente en esta unidad constructiva. Dado que el objeto de análisis eran solo los forjados unidireccionales de hormigón, fue preciso descartar otros expedientes que obraban en nuestro poder, pero que eran de otra naturaleza constructiva. Es por esto, que aquí no se han incluido aquellas casuísticas que eran de forjados de madera, de acero laminado, mixtos, etc.

Dentro de los forjados unidireccionales de hormigón se han estudiado los forjados de placas alveolares y los forjados de viguetas y bovedillas. En el seno de estos últimos se ha diferenciado entre sus distintas partes, como son los paños de vigueta, los paños macizos de hormigón, elementos lineales resistentes (jácenas, vigas y zunchos), etc. Por su parte, en los tipos de patologías caracterizadas solo hizo falta constatar siete distintas, a diferencia de otras unidades constructivas publicadas anteriormente, donde el rango de ellas era muy superior.

Por todo ello, creemos que esta investigación puede ser de enorme interés para el colectivo de la arquitectura técnica, así como para otros involucrados en el sector de la construcción en España. El conocimiento reflexivo de los resultados que aquí se exponen, nos ayudará a aproximarnos a la mentalidad 'kaizen', que es un término oriental que promueve la aplicación de procesos de mejora continua, basándose en acciones concretas y simples que engloben estrategias en pro de la calidad. En definitiva, se trata de que el lector pueda implementar también en su área de trabajo (y dentro de sus responsabilidades) ciertas lecciones aprendidas que le impulsen a subir el nivel de las tareas emprendidas.

Badajoz, octubre 2025

Manuel Jesús Carretero Ayuso
Doctor Ingeniero de Edificación

Sección A

CONSIDERACIONES, METODOLOGÍA Y ÁMBITO

SECCIÓN A. CONSIDERACIONES, METODOLOGÍA Y ÁMBITO

1. PRESENTACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La Fundación MUSAAT tiene, entre otros, los fines fundacionales que a continuación se relacionan:

- Promover la investigación en el ámbito de la edificación.
- La mejora de la sostenibilidad, la innovación y la calidad de la edificación.
- Apoyar la investigación, docencia y divulgación científica en el campo de la edificación.

El Patronato de la Fundación MUSAAT acordó dar continuidad a las investigaciones del *Análisis estadístico nacional sobre patologías de edificación*, publicadas en los años 2013 (Fase 1), 2016 (Fase 2) y 2019 (Fase 3), con la realización de una nueva etapa investigadora centrada en determinadas tipologías constructivas, sobre las cuales se profundizaría en un mayor número de variables.

A este nuevo conjunto de publicaciones se le denomina *Estudio Sectorizado de Daños Constructivos en España*. En este caso, la nueva investigación que aquí se presenta, está centrada en el estudio de las patologías de los forjados unidireccionales de hormigón, para lo cual se han verificado 1.157 procesos patológicos (PP) reclamados en 993 expedientes.

1.2. OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio de investigación son los siguientes:

- Obtener datos reales que nos indiquen cuáles son los daños más habituales en los *forjados unidireccionales de hormigón* de las edificaciones.
- Clasificar los datos en función de las áreas geográficas y tipo de edificación.
- Determinar las causas más recurrentes de los citados daños.
- Definir los elementos constructivos donde tienen su origen las patologías estudiadas, caracterizándolos más detalladamente.
- Desglosar y ahondar en el conocimiento más pormenorizado de los procesos patológicos, mediante la introducción de las nuevas variables '*tipología*', '*variante*' y '*material*' en nuestra clasificación de patologías.
- Posibilitar el diseño de acciones de información y formación que favorezcan una mayor calidad en edificación y la prevención de la aparición de patologías en los *forjados unidireccionales de hormigón* de los edificios.

2. METODOLOGÍA Y TRATAMIENTO DE DATOS

Este capítulo tiene como finalidad indicar cuál ha sido el método de trabajo de esta investigación. Para ello, se procede a realizar un desglose de los datos recogidos, tratamiento de estos y clasificaciones consideradas.

2.1. FUENTE DE INFORMACIÓN

La fuente utilizada para la realización de este estudio son los expedientes de siniestro de responsabilidad civil profesional de aparejadores y arquitectos técnicos tramitados por Musaat.

Las características de esta base documental quedan determinadas por los siguientes aspectos:

Criterio de selección de expedientes: Se determinó que los expedientes objeto de esta investigación deberían cumplir la condición de contener una reclamación judicial interpuesta entre los años 2008 y 2017, referida a patologías con origen en *forjados unidireccionales de hormigón* y con sentencia firme dictada con anterioridad a enero de 2018.

Obtención de datos: Datos conseguidos del estudio de la documentación obrante en los expedientes de siniestros de Musaat, especialmente en los informes periciales y las sentencias judiciales. Para el tratamiento de dicha información se actualizó nuestro sistema de gestión de expedientes, el cual permite la importación de los datos de los citados expedientes de Musaat y su posterior tratamiento analítico.

Tratamiento estadístico: Los datos obtenidos se han volcado en una base de datos que ha posibilitado interrelacionarlos obteniendo los resultados estadísticos que constituyen el fundamento de esta investigación.

2.2. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Para la obtención de los datos se utilizó el programa informático SSM que recoge la totalidad de documentos pertenecientes a los expedientes tratados por Musaat. Se necesitó un segundo software para la siguiente etapa de gestión de datos. Así, para el tratamiento analítico de dichos datos, se procedió a elaborar una aplicación informática (denominada SIGEX) que contempla todos los conceptos correspondientes a los expedientes de siniestro de responsabilidad civil profesional de aparejadores y arquitectos técnicos tramitados por Musaat.

The screenshot displays the 'SIGEX - PRODUCCIÓN - [Busqueda Expedientes]' application. The interface includes a menu bar with 'Mantenimiento' and 'Ayuda'. Below the menu, there are icons for 'Importacion Expedientes' and 'Busqueda Expedientes'. A toolbar contains buttons: 'Buscar Exp.', 'Buscar P. P.', 'Limpiar', 'Exportar Excel', 'Validar Seleccionados', 'Histórico Expedientes', and 'Histórico P. Patológicos'. The main area features a tabbed interface with 'Expediente', 'P. Patológico', 'Histórico Expedientes', and 'Histórico PP'. The 'Expediente' tab is active, showing a search form with the following fields: 'Tipo Agrupación' (dropdown), 'Zona' (dropdown), 'Tipología' (dropdown), 'Variante' (dropdown), 'Elemento' (dropdown), 'Material' (dropdown), 'Patología' (dropdown), 'Causa' (dropdown), 'Aparejador' (dropdown), 'Arquitecto' (dropdown), 'Constructor' (dropdown), 'Promotor' (dropdown), 'Subcontrata' (dropdown), and 'Otros' (dropdown). At the bottom, a table displays search results with columns: 'Nº Fundación', 'Nº Serjutea', 'Nº MUSAAT', 'CCAA', 'COAT', 'Obra', 'Tipo Edificación', 'F.Sentencia', 'F. Reclamación', 'F. CFO', 'Result. Resp. ...', 'Imp. Reclamac...', and 'Imp. C'.

Imagen 2.2-1.

2.3. CONCEPTOS BÁSICOS

El estudio se basa en el concepto general de **PROCESO PATOLÓGICO** que se constituye como la interrelación constructiva entre los descriptores utilizados, permitiendo una identificación completa del progreso de deterioro o del fallo en una unidad constructiva.

2.3.1. Descriptores

Los descriptores son las variables (indicadores técnicos) que forman parte de un proceso patológico y que de manera conjunta lo definen y conceptúan. Son siete: *Zona, Tipología, Variante, Elemento, Material, Patología y Causa*.

Los descriptores, según su naturaleza, se pueden clasificar en dos grandes grupos: primarios y secundarios.

Descriptores primarios

Los descriptores primarios son las variables fundamentales que forman parte inherente del proceso patológico describiéndolo y definiéndolo.

Los descriptores primarios determinados en esta investigación son:

- **Zona:** Área de la edificación donde tiene su origen la *Patología*, aunque los daños producidos pudieran manifestarse en otra parte. Es un concepto análogo a lo que conocemos como capítulo de obra. *En este caso, la zona es ESTRUCTURA.*
- **Tipología:** Se trata de cada una de las sub-zonas existentes, que son clasificadas según sus propiedades y las afinidades morfológicas o funcionales que posean. Es también la agrupación en la que se pueden aunar los distintos elementos que pertenecen a una Zona. *En este caso, la Tipología es FORJADOS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN.*
- **Elemento:** Es cada uno de los componentes de la unidad constructiva en donde está presente la *Patología*, siendo también la parte concreta de una zona en donde se sitúa el daño, dentro de la agrupación establecida por una *Tipología*.
- **Patología:** Según la norma UNE-41805 se define como la parte de la ciencia de la construcción que estudia los defectos y lesiones que sufren los *Materiales y Elementos*, o también, el conjunto de defectos y lesiones que sufre un elemento. Para este documento, su significado lo asociaremos al concepto de lesión y, por tanto, con el daño o pérdida de cualidades de un elemento que es síntoma de un determinado deterioro, indicando un perjuicio o detrimento constructivo.
- **Causa:** Agente, activo o pasivo, que actúa como origen del proceso *patológico* y que desemboca en una *Patología*.

Descriptores secundarios

Entendemos como descriptores secundarios a las variables que, aun no siendo fundamentales para definir un proceso patológico, pueden incorporarse a él definiéndolo con mayor detalle y extensión.

Los descriptores secundarios son:

- **Variante:** Se trata de una sub-clasificación o formato constructivo relativo al descriptor primario *Tipología*, con el cual está relacionado y vinculado. Especifica de manera detallada la característica o concreción aplicada a la *Tipología*.

- **Material:** Denomina a la materia física principal de la que está compuesta el *Elemento* donde se produce la *Patología*. Por tanto, está relacionado y vinculado directamente con el descriptor primario *Elemento* y es utilizado en los casos en que es necesario hacer una tipificación detallada del mismo.

2.3.2. Parámetros

La información de un *proceso patológico* se ve ampliada por los *parámetros*. Los *parámetros* son los conceptos adicionales que se utilizan para completar la caracterización y situación de los *procesos patológicos*, sin formar parte integrante de los mismos. Si bien son prescindibles a la hora de la clasificación constructiva, los *parámetros* son muy significativos estadísticamente pues permiten agrupaciones que facilitan obtener una visión extra, teniendo en cuenta conceptos que son ajenos al *proceso patológico*. Están agrupados en dos conjuntos: *parámetros de ubicación* y *parámetros complementarios*.

PARÁMETROS DE UBICACIÓN: Es el nombre que recibe el primer conjunto de *parámetros*. Permiten situar/localizar un *proceso patológico*.

PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS: Es el nombre que recibe el segundo conjunto de *parámetros*. Se utilizan para conocer y datar aspectos administrativos o contractuales.

El *parámetro de ubicación* utilizado en este estudio es:

- **Tipo de edificación:** Es el formato edificatorio de la construcción en donde se da la *patología*, ya sea residencial, no residencial, de nueva planta o rehabilitación. Se desglosan en los 10 siguientes: edificación en altura, unifamiliar pareada/adosa, unifamiliar aislada, nueva planta dotacional, rehabilitación edificación en altura, industrial, rehabilitación unifamiliar aislada, rehabilitación unifamiliar aislada adosa, rehabilitación industrial y rehabilitación dotacional.

El *parámetro complementario* usado en este estudio es:

- **Tipo de obra:** Se refiere a si es una obra viva o una obra muerta (está activa o no).

2.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS DESCRIPTORES

A continuación, se caracterizan y desarrollan los descriptores utilizados en esta investigación. Como se ha indicado, la misma se refiere a los *procesos patológicos* que tienen lugar en la zona constructiva de **ESTRUCTURA** y en la tipología de **FORJADOS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN**.

2.4.1. Variante

En la *Tipología* de *forjados unidireccionales de hormigón* se han clasificado 3 *Variante*s según la siguiente tabla.

Variante
Forjado unidireccional alveolar
Forjado unidireccional de vigueta
Losas de rampa y escalera

Tabla 2.4-1.

2.4.2. Elemento

Los *Elementos* establecidos para *forjados unidireccionales de hormigón* son los que se citan en la siguiente tabla.

Elementos
Jácenas, vigas y zunchos
Losa de escalera
Losa de rampa
Paños de placas alveolares
Paños de vigueta en forjados de planta
Paños de vigueta en forjados sanitarios
Paños macizos de hormigón

Tabla 2.4-2.

2.4.3. Patología

Se relacionan a continuación las *Patologías* definidas para los *forjados unidireccionales de hormigón*.

Patologías
Caída y/o rotura de piezas
Corrosión/oxidación
Daño estructural
Fisuras en el propio elemento estructural
Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos
Humedades por condensación
Humedades y/o filtraciones

Tabla 2.4-3.

2.4.4. Causa

Las *Causas* que dan lugar a las *Patologías* detectadas en *forjados unidireccionales de hormigón* han sido clasificadas dando lugar a los tipos relacionados en la siguiente tabla.

Causas
Aluminosis
Ausencia/deficiencia de armado
Ausencia/deficiencia de curado/vibrado
Ausencia/deficiencia de impermeabilización
Ausencia/deficiencia de puesta en obra
Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras
Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)
Características autoportantes
Deficiente encofrado
Deformabilidad estructural
Desencofrado/descimbrado prematuro
Error de cálculo en proyecto
Material y/o solución constructiva inadecuada
Movimientos de dilatación

Tabla 2.4-4.

2.4.5. Material

En la siguiente tabla se relacionan los *Materiales* clasificados según el *Elemento* al que corresponden.

Elemento	Material
Jácnas, vigas y zunchos	Hormigón armado
Losa de escalera	Hormigón armado
Losa de rampa	Hormigón armado
Paños de placas alveolares	Placa alveolar
Paños de vigueta en forjados de planta	Nervio in situ
	Vigueta de celosía
	Vigueta simple T o doble T
	Material no especificado
Paños de vigueta en forjados sanitarios	Vigueta autorresistente sobre muretes
	Material no especificado
Paños macizos de hormigón	Hormigón armado

Tabla 2.4-5.

3. ÁMBITO DEL ESTUDIO Y DATOS RELACIONADOS

3.1. VOLUMEN DE DATOS Y PARÁMETROS ANALIZADOS

Se resume a continuación el volumen total de indicadores utilizados para realizar este estudio.

Indicadores	Valores	Indicadores	Valores
Indicadores administrativos		Indicadores tipológicos	
Nº de años del estudio	10	Nº de tipo de edificación	10
Nº de expedientes (Nº Exp.)	993	Nº de CCAA.	17
Nº de procesos patológicos (Nº PP)	1.157	Nº de COAAT	55
Nº de años de CFO	25		
Indicadores técnicos		Indicadores porcentuales	
Nº de zonas	1	Nº de datos analizados en el periodo de estudio	100,00 %
Nº de tipología	1	Nº de datos analizados territorialmente	100,00 %
Nº de variantes	3	Nº de datos analizados del total de reclamaciones	100,00 %
Nº de elementos	7		
Nº de materiales	7		
Nº tipos de patologías	7		
Nº tipos de causas	14		

Tabla 3.1-1.

3.2. TIPO DE EDIFICACIÓN

A continuación, se muestran los datos de los expedientes estudiados, clasificados por tipo de edificación y asociados de diferente forma.

En la tabla 3.2-1 se clasifican los procesos patológicos estudiados teniendo en cuenta el tipo de obra (obra nueva o rehabilitación) en la que se han originado.

Tipo de edificación agrupado	Nº Exp.	Nº PP
Obra nueva	969	1.132
Rehabilitación	24	25
Total general	993	1.157

Tabla 3.2-1.

En la tabla 3.2-2 y en los gráficos 3.2-1 y 3.2-2, se ofrece el dato del porcentaje de expediente y procesos patológicos que se corresponden a cada tipo de edificación contemplada en este estudio.

Tipo de edificación	Nº Exp.	%	Nº PP	%
Edificación en altura	603	60,73%	712	61,54%
Unifamiliar aislada	179	18,03%	201	17,37%
Unifamiliar pareada / adosada	171	17,22%	200	17,29%
Rehabilitación edificación altura	15	1,51%	16	1,38%
Industrial	10	1,01%	12	1,04%
Rehabilitación unifamiliar adosada	8	0,80%	8	0,69%
Nueva planta dotacional	6	0,60%	7	0,60%
Rehabilitación unifamiliar	1	0,10%	1	0,09%
Total general	993	100,00%	1.157	100,00%

Tabla 3.2-2.

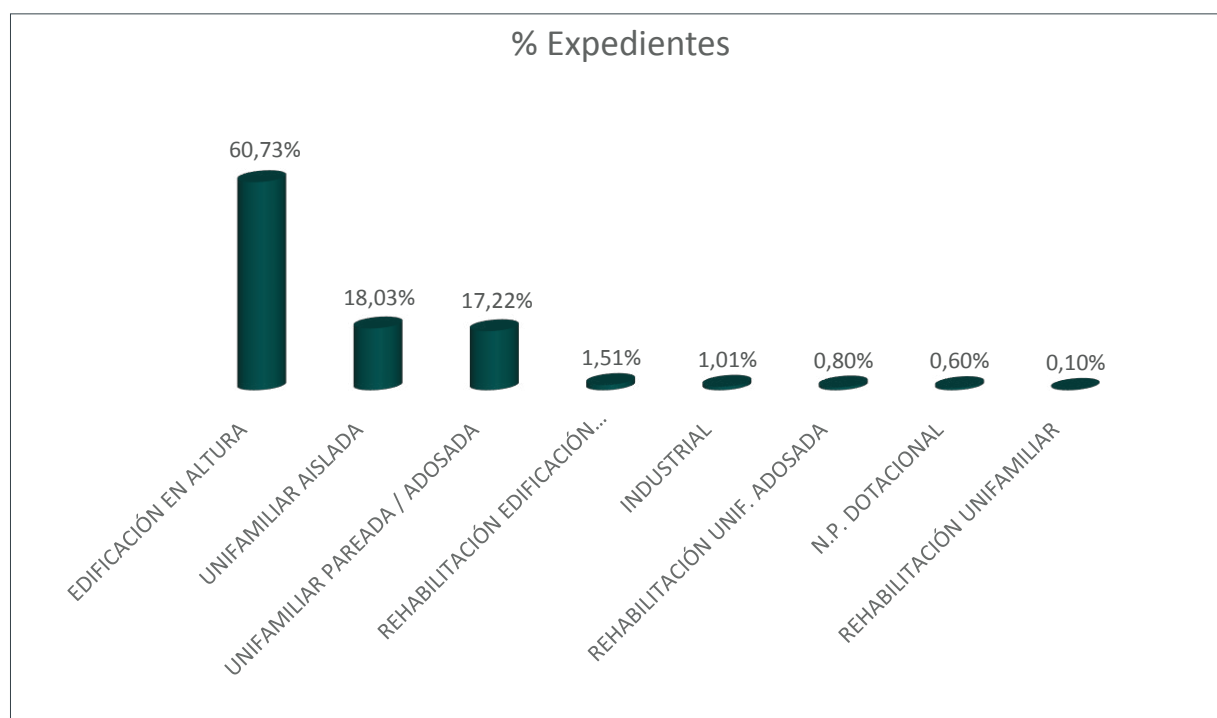
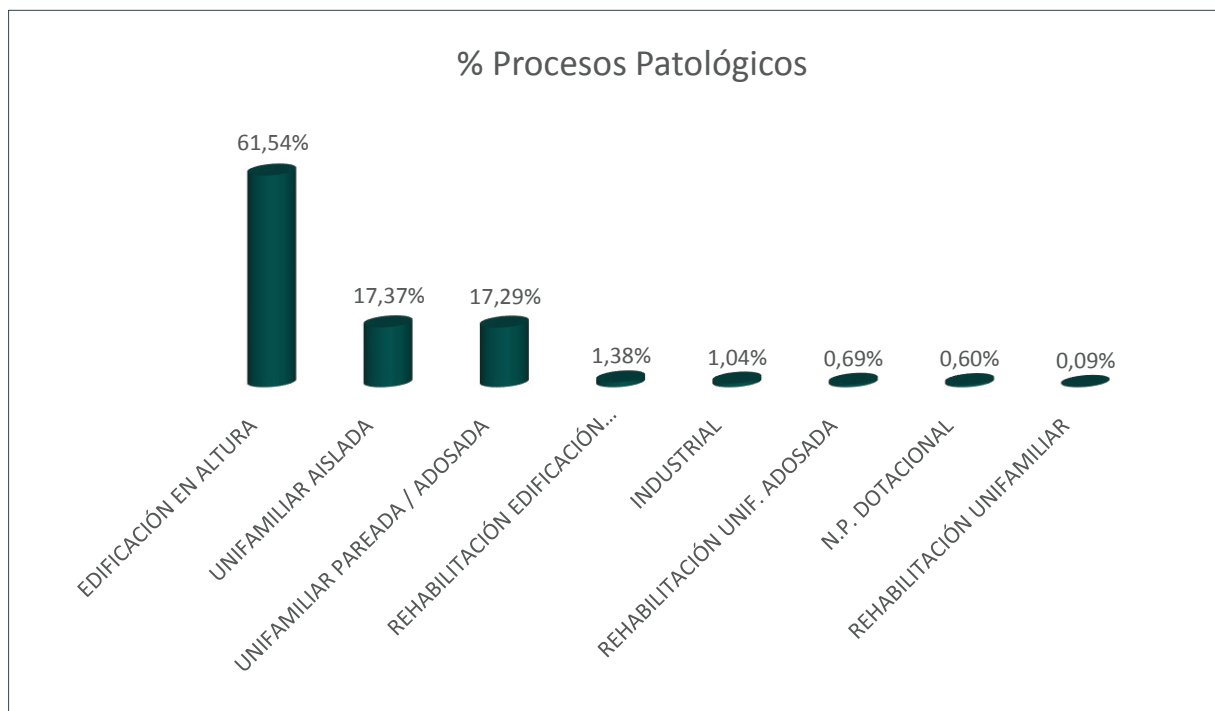


Gráfico 3.2-1.

**Gráfico 3.2-2.**

Como se aprecia, más del 96% de los casos estudiados se corresponden a los tipos de edificación que aparecen en las tres primeras posiciones en los gráficos.

4. ANEXOS

La definición de los dos primeros descriptores que se tratan en esta investigación (*Zona y Tipología*) son las siguientes:

ESTRUCTURA: Es el primer descriptor de esta investigación (*Zona*). Es el conjunto de elementos resistentes de un edificio o construcción que tiene como función principal el soportar las cargas (peso propio, uso, viento, sismo, nieve, etc.) y transmitir las a la cimentación de manera segura y estable.

FORJADOS UNIDIRECCIONALES DE HORMIGÓN: Es el segundo descriptor de esta investigación (*Tipología*). Es la modalidad de forjado más habitual en la construcción española. Se trata un elemento estructural horizontal de hormigón armado en el que las cargas se transmiten en una sola dirección, derivándolas hacia vigas o jácenas y que posteriormente las trasladarán a los elementos verticales resistentes (pilares o muros). Es, asimismo, la parte de la estructura donde más problemáticas ocurren.

A continuación, se ofrecen las definiciones de los términos incluidos dentro de los descriptores *Variante, Elemento, Patología, Causa, Material*, así como del parámetro *Tipo de edificación*.

ANEXO A: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE VARIANTE

A continuación, se ofrecen las definiciones de cada uno de los 3 tipos de *Variante* que contempla este estudio:

- 1. Forjado unidireccional de vigueta.** Es aquel forjado cuyos paños están compuestos por bovedillas y elementos lineales resistentes realizados en hormigón armado o pretensado (pudiendo estar constituidos estos últimos por nervios in situ monodireccionales o por viguetas). Las bovedillas (piezas de entrevigado) poseen una función aligerante o colaborante y pueden estar realizadas con arcilla (cerámica), con hormigón (con aditamento o no de productos ligeros y de baja densidad) o con material plástico (poliestireno expandido...). A su vez, las viguetas las hay de diferentes tipos, como son las de celosía o semivigueta, simple T o doble T.
- 2. Forjado unidireccional alveolar.** Es aquel forjado cuyos paños están compuestos por placas alveolares de hormigón. Se trata de un elemento superficial (no como las viguetas que son lineales) y que en su sección transversal pueden diferenciarse las almas resistentes (dispuestas a muy poca distancia) y los espacios huecos (alveolos); todo ello formando un conjunto estructural (adosado y hormigonado in situ) que se apoya sobre vigas y jácenas (o en su caso, sobre muros).
- 3. Losas de rampa y escalera.** Variante compuesta por dos tipos de elementos, como son las losas de escalera y las losas de rampa. Su trazado se desarrolla con una inclinación dada, de forma que pueden salvar la distancia entre dos plantas de forjado. Las analizadas para este estudio están realizadas de hormigón con armadura en cuadrícula, transmitiendo su carga de manera unidireccional. Pueden considerarse complementos de los forjados.

ANEXO B: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE ELEMENTO

A continuación, se ofrecen las definiciones de cada uno de los 7 Elementos que contempla el estudio:

- 1. Jácenas, vigas y zunchos:** Los podemos denominar como 'elementos lineales resistentes' realizados con hormigón y armadura en su interior, ya sean de tipo longitudinal o transversal (dobladuras en forma cuadrangular o rectangular). Las jácenas y vigas son los elementos portantes principales, con mayor dimensión que los zunchos, pues reciben las cargas de los paños de forjado, losas y macizados.
- 2. Paños de placas alveolares:** Elemento constructivo con predominio dimensional de superficie que en la mayor parte de las ocasiones está dispuesto en horizontal y cuyo componente fundamental es la placa alveolar. Es el elemento de mayor extensión del plano resistente, resultante de no incluir en él a otros elementos como jácenas, vigas, zunchos o zonas macizadas. De esta definición se excluyen los paños constituidos por viguetas y bovedillas.
- 3. Paños de viguetas en forjados de planta:** Elemento constructivo con predominio dimensional de superficie que en la mayor parte de las ocasiones está dispuesto en horizontal y cuyos componentes son viguetas¹ y bovedillas. Es el elemento de mayor extensión del plano resistente, resultante de no incluir en él a otros elementos como jácenas, vigas, zunchos, losas o zonas macizadas. De esta definición se excluyen los 'paños de forjados sanitarios'.
- 4. Paños de viguetas en forjados sanitarios:** Elemento constructivo con predominio dimensional de superficie que en la mayor parte de las ocasiones está dispuesto en horizontal y cuyos componentes principales son viguetas y bovedillas. Es el elemento de mayor extensión del plano resistente, resultante de no incluir en él a otros elementos como jácenas, vigas, zunchos, losas o zonas macizadas. Habitualmente este elemento está formado por viguetas doble T autorresistentes situadas sobre muretes de apoyo de fábrica (coronados por una cadena de atado) que elevan la cota del forjado respecto al terreno, creando una cámara de aire que debe estar ventilada. De esta definición se excluyen los 'paños de forjados de planta'.
- 5. Paños macizos de hormigón:** Es el elemento de predominio superficial, resultante de no incluir en él a los paños unidireccionales de forjado, de losas y de elementos lineales resistentes. Toda la sección del mismo es maciza de hormigón (más las armaduras de barras corrugadas pertinentes que hubiera en el interior). Solo se han considerado incluidos en este estudio aquellas situaciones concretas en que estos tipos de paños son accesorios y con una superficie muy reducida respecto al general del forjado (el cual estará compuesto por paños de viguetas o paños de placas alveolares).
- 6. Losa de rampa:** Es aquel elemento perteneciente a la variante 'losas de rampa y escalera' cuyo acabado superficial superior forma un plano paralelo a la directriz de la propia losa. Todos los casos estudiados en esta investigación están realizados de hormigón armado. El destino de estas rampas puede ser de acceso peatonal, y en algún caso, para vehículos.
- 7. Losa de escalera:** Es aquel elemento perteneciente a la variante 'losas de rampa y escalera' cuyo acabado superficial superior forma una generatriz quebrada ascendente formando peldaños. En todos los casos estudiados en esta investigación, la losa está realizada de hormigón armado, sin bien la ejecución de los citados peldaños puede estar constituida por fábrica de ladrillo o también de hormigón.

¹ **Elemento resistente en los paños de viguetas en forjados de planta:** En la gran generalidad de las ocasiones el elemento lineal resistente de este tipo de paños de forjados es –efectivamente– la vigueta prefabricada (ya fuera de un tipo u otro –de celosía, de simple t o de doble t–, y sean pretensadas o no. Ahora bien, en un número residual de situaciones (4%) se ha incluido también a aquellos expedientes de obras cuyos paños de forjados estaban efectuados con nervios armados y hormigonados in situ.

ANEXO C: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE PATOLOGÍA

A continuación, se ofrecen las definiciones de cada una de las 7 *Patologías* que contempla el estudio:

1. **Caída y/o rotura de piezas.** Descuelgue y/o fractura de piezas constituyentes del forjado.
→ Por ejemplo: desprendimiento de una bovedilla o caída de una vigueta.
2. **Corrosión/oxidación.** Deterioro del armado de un elemento por falta de protección ante ataques electroquímicos, por recubrimiento insuficiente o baja calidad del hormigón.
3. **Daño estructural.** Lesión en un componente de la obra fundamental (vigüeta, viga...), que afecta a sus propiedades mecánicas.
4. **Fisuras en el propio elemento estructural.** Rotura o agrietamiento en el elemento constructivo como respuesta a una sollicitación mecánica.
5. **Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos.** Rotura, agrietamiento o desunión que se presenta en múltiples elementos no estructurales (tabiquerías, cerramientos, revestimientos continuos y/o revestimientos discontinuos) como respuesta de una sollicitación mecánica con inicio en la estructura.
6. **Humedades por condensación.** Fenómeno físico por el cual la humedad ambiental se licúa en contacto con una cara fría.
→ Por ejemplo: su existencia suele darse en las cámaras de aire situadas bajo los forjados sanitarios, cuando están insuficientemente ventiladas.
7. **Humedades y/o filtraciones.** Presencia de agua impregnando interna y superficialmente un elemento (pudiendo llegar a saturarlo) y/o penetración de este líquido a través de su cuerpo (por la masa, por puntos débiles, o por juntas y discontinuidades).

ANEXO D: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE CAUSA

A continuación, se ofrecen las definiciones de cada una de las 14 *Causas* que contempla el estudio:

1. **Aluminosis.** Es la conversión de los aluminatos de su estructura cristalina hexagonal a cúbica, lo que implica el aumento de porosidad y la disminución de la resistencia del hormigón. El cemento aluminoso acelera el proceso de fraguado del hormigón, siendo utilizado principalmente en elementos prefabricados de hormigón.
2. **Ausencia/deficiencia de armado.** La armadura definida en proyecto no se ajusta a las necesidades estructurales, o bien en la ejecución se ha dispuesto la ferralla de manera errónea.
3. **Ausencia/deficiencia de curado/vibrado.** Situación en la que estas operaciones no han sido las adecuadas para conseguir en el hormigón la resistencia mecánica y la durabilidad especificada.
4. **Ausencia/deficiencia de impermeabilización.** No se ha colocado o no se ha dispuesto correctamente la protección impermeable necesaria sobre algún elemento estructural específico que lo necesitaba.
→ Por ejemplo: la no colocación de una lámina sobre una losa exterior de acceso a una vivienda
5. **Ausencia/deficiencia de puesta en obra.** No se ha llevado a cabo un adecuado proceso de ejecución por el cual se confiere un correcto funcionamiento a la unidad constructiva, o a una de sus partes o no se han colocado algunos de los componentes necesarios. Se incluyen también aquí las situaciones donde algún aspecto de lo ejecutado no se efectúa según documentación técnica y los casos donde no exista una asignación más específica a otra causa concreta.
6. **Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras.** No se obtienen los recubrimientos mínimos exigidos en la normativa y/o en el proyecto (en el cual deberían estar especificados) y que deben obtenerse mediante la colocación de separadores.
7. **Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable).** Carencia o inadecuada aireación de espacios (cámaras de aire) que provoca la concentración de aire caliente en lugares en los que es necesaria la renovación del aire interior, pudiendo favorecer o provocar humedades por condensación.
8. **Características autoportantes.** Se refiere a la capacidad de un elemento estructural para soportar su peso propio y el resto de acciones que sean anteriores a la puesta en servicio del mismo, sin necesidad de incorporar procedimientos de sujeción adicionales como el apuntalamiento.
→ Por ejemplo: sería el caso de las viguetas doble T de hormigón que se usan habitualmente en los forjados sanitarios debido a la dificultad para apuntalar inferiormente (dentro de la cámara sanitaria, cuando ésta tiene altura muy reducida).
9. **Deficiente encofrado.** La ejecución o disposición del molde para conformar la geometría del hormigón armado de los elementos estructurales, se realiza inadecuadamente o con aberturas excesivas, pudiendo dar lugar a defectos de acabado y/o al rechazo por incumplimiento de sus características funcionales.
10. **Deformabilidad estructural.** Situación que puede provocar en un elemento resistente una deformación proporcional a la luz del vano, debido a su propio peso y/o a las acciones que actúan sobre él, presentando problemáticas funcionales y/o de uso, y pudiendo derivar o no en daño estructural.

- 11. Desencofrado/descimbrado prematuro.** No se han respetado los tiempos necesarios para que el elemento estructural no entre en carga por su propio peso, mientras el hormigón no ha finalizado su fraguado.
- 12. Error de cálculo en proyecto.** Situación en la que existen discrepancias entre los resultados esperados y los reales en el diseño estructural de un edificio, causados por múltiples y variados factores como un incorrecto proceso analítico, uso inadecuado de fórmulas, equivocación en los modelos matemáticos, inexactitudes computacionales, omisiones relevantes relativas a cargas o materiales, etc.; salvo asignación alternativa a otra causa más específicamente indicada. En los casos más importantes, puede verse afectada de manera significativa la capacidad de respuesta de los elementos estructurales y ser insuficientes las dimensiones resultantes de éstos o del armado concebido para los mismos, dando lugar a daños (fisuras, pandeos, flexiones excesivas...).
→ Por ejemplo: un paño de forjado o una viga con un canto inferior al necesitado, o viguetas mal dimensionadas.
- 13. Material y/o solución constructiva inadecuada.** Las características del material y/o del sistema constructivo previsto en proyecto es insuficiente según las necesidades fijadas, salvo asignación alternativa a otra causa más específicamente indicada.
→ Por ejemplo: el material puede ser de mala calidad, no cumple algunos criterios técnicos o le faltan ciertos componentes; o por el contrario, la solución constructiva tiene una disposición poco segura, confiabilidad insuficiente o resulta difícilmente ejecutable en obra, provocando que se improvisen soluciones no óptimas.
- 14. Movimientos de dilatación.** Conjunto de tensiones y/o movimientos excesivos de los forjados como consecuencia de variaciones térmicas, de retracción, comportamiento reológico del hormigón, así como los derivados de las características del propio material o de la unidad constructiva; con mayor intensidad cuando no se cuenta con un sistema que permita la correcta absorción de dichos movimientos.
→ Por ejemplo: interrupción o incorrecta disposición de las juntas de dilatación estructurales.

ANEXO E: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE MATERIAL

Existen 7 diferentes opciones para identificar un *Material* en este estudio de investigación (ver la Tabla 2.4-5). De ellos, hay 6 que son unos materiales específicos y concretos, los cuales no hace falta describir porque su sola denominación es suficiente para entender su significado o naturaleza:

- Hormigón armado
- Nervio in situ
- Placa alveolar
- Vigueta autorresistente sobre muretes
- Vigueta de celosía
- Vigueta simple T o doble T

Además de ellos, se contempla en el estudio una opción que pasa a definirse:

- **Material no especificado:** Se asigna cuando en la lectura del expediente no se da la información suficiente para determinar detalladamente el material del elemento resistente del forjado y no se puede escoger entre algunos de los 6 materiales antes indicados.
→ Por ejemplo, cuando en un informe pericial se menciona únicamente de manera genérica que: el forjado es de hormigón armado, las viguetas son de hormigón o las viguetas son prefabricadas.

ANEXO F: RELACIÓN Y DEFINICIONES DE LOS TIPOS DE EDIFICACIÓN

1. **Edificación en altura:** Aquella construcción en la que predomina la altura sobre la superficie. De dos o más alturas sobre rasante e indeterminadas bajo rasante, cuyo uso principal será el residencial plurifamiliar, lo que exceptúa la vivienda unifamiliar de cualquier tipo.
2. **Industrial:** Comprende las actividades transformadoras, de elaboración, reparación, almacenaje y distribución de productos, así como las de venta al por mayor, distinguiéndose los siguientes subtipos de usos: 'Industria y Almacenes' (actividad de transformación, reparación y almacenaje en establecimientos o locales especialmente preparados para tal fin, ocupando todo o parte del edificio) y 'Garaje-Aparcamiento y Servicio del Automóvil' (guarda y estacionamiento habitual de vehículos, así como de su mantenimiento).
3. **Nueva planta dotacional:** Los edificios de nueva planta dotacional son los que sirven para proveer a los ciudadanos del equipamiento que facilite y posibilite su educación, enriquecimiento cultural, relación social, salud, bienestar y para proporcionar los servicios propios de la vida urbana, tanto de carácter administrativo como de abastecimiento o de infraestructuras en general. Se distinguen los siguientes subtipos de usos dotacionales: Docente, Sanitario, Asistencial, Sociocultural, Religioso, Deportivo, Recreativo, Servicios Urbanos², Administración Pública³.
4. **Unifamiliar aislada:** Es aquel edificio habitado por una única familia que no está en contacto físico con otras edificaciones. Normalmente están rodeadas por todos sus lados por un terreno perteneciente a la vivienda, en el que se suele instalar un jardín privado. En este aspecto hay variantes; así, la vivienda puede tener uno, varios o todos sus lados alineados con la vía pública.
5. **Unifamiliar adosada/pareada:** Vivienda construida para una única unidad familiar, en contacto lateral exterior con otra vivienda (pareada) o con varias formando una hilera (adosada). En cualquier caso, las mismas son completamente independientes entre sí (respecto a sus accesos desde la vía pública y respecto a su utilización interior).
6. **Rehabilitación dotacional:** Consiste en el mantenimiento, conservación o reparación del tipo de obra cuyo servicio es proveer a los ciudadanos del equipamiento que facilite y posibilite su educación, enriquecimiento cultural, relación social, salud, bienestar y para proporcionar los servicios propios de la vida urbana, tanto de carácter administrativo como de abastecimiento o de infraestructuras en general.
7. **Rehabilitación edificación altura:** Consiste en el mantenimiento, conservación o reparación de aquella construcción en la que predomina la altura sobre la superficie.
8. **Rehabilitación industrial:** Consiste en el mantenimiento, conservación o reparación del tipo de obra que comprende las actividades transformadoras, de elaboración, reparación, almacenaje y distribución de productos.
9. **Rehabilitación unifamiliar adosada/pareada:** Consiste en el mantenimiento, conservación o reparación de una vivienda construida para una única unidad familiar, en contacto lateral exterior con otra vivienda (pareada) o con varias formando una hilera (adosada).
10. **Rehabilitación unifamiliar aislada:** Consiste en el mantenimiento, conservación o reparación del tipo de edificio habitado por una única familia que no está en contacto físico con otras edificaciones.

2 Uso de 'servicios urbanos': Comprende aquellas dotaciones destinadas a la provisión de servicios públicos de carácter específico, desarrolladas por organismos públicos o por entidades privadas de carácter subsidiario, tales como mercados de abasto, centro de comercio básico, mataderos, instalaciones y redes de transportes y comunicaciones, instalaciones para el suministro de servicios urbanísticos.

3 Uso de 'administración pública': Comprende las dotaciones terciarias destinadas al ejercicio y explotación de la Administración Pública.

Sección B

ANÁLISIS GENERAL DE LOS PROCESOS PATOLÓGICOS

SECCIÓN B. ANÁLISIS GENERAL DE LOS PROCESOS PATOLÓGICOS

En esta sección se ofrece información sobre el número de procesos patológicos relacionados con cada uno de los descriptores contemplados en esta investigación.

5. RESULTADOS BÁSICOS POR DESCRIPTORES

Se comenzará analizando los resultados básicos para los descriptores *Variante*, *Elemento*, *Patología* y *Causa*.

5.1. VARIANTE

Se ofrece en la siguiente tabla y gráfico los valores obtenidos según del número de procesos patológicos en los que intervienen cada una de las dos *Variantes* específicas contempladas en *forjados unidireccionales de hormigón*.

Variante	Nº PP	%
Forjado unidireccional de vigueta	1.104	95,42%
Losas de rampa y escalera	41	3,54%
Forjado unidireccional alveolar	12	1,04%
Total general	1.157	100,00%

Tabla 5.1-1.

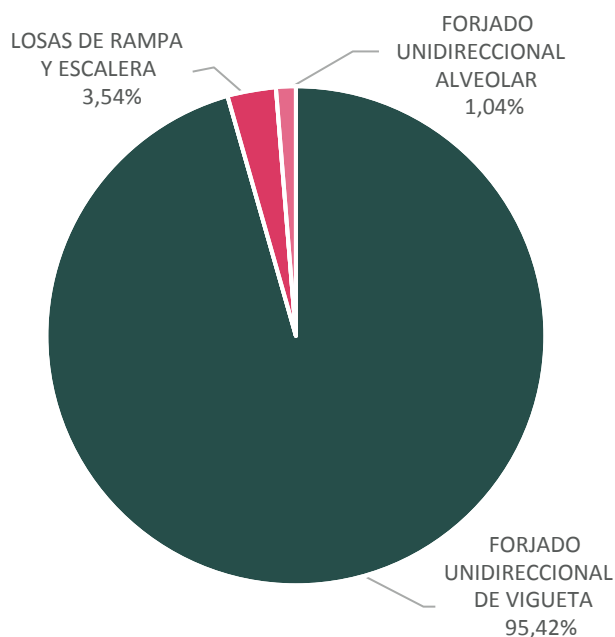


Gráfico 5.1-1.

La tabla y gráfico anterior evidencian que la Variante *forjado unidireccional de vigueta* es la que se encuentra implicada en al menos 9 de cada 10 casos de procesos patológicos.

5.2. ELEMENTO

Se indican en la siguiente tabla los valores obtenidos según del número de *procesos patológicos* con relación al descriptor *Elemento*.

Elemento	Nº PP	%
Paños de vigueta en forjados de planta	844	72,95%
Jácenas, vigas y zunchos	135	11,67%
Paños de vigueta en forjados sanitarios	85	7,35%
Paños macizos de hormigón	40	3,46%
Losa de escalera	38	3,28%
Paños de placas alveolares	12	1,04%
Losa de rampa	3	0,25%
Total general	1.157	100,00%

Tabla 5.2-1.

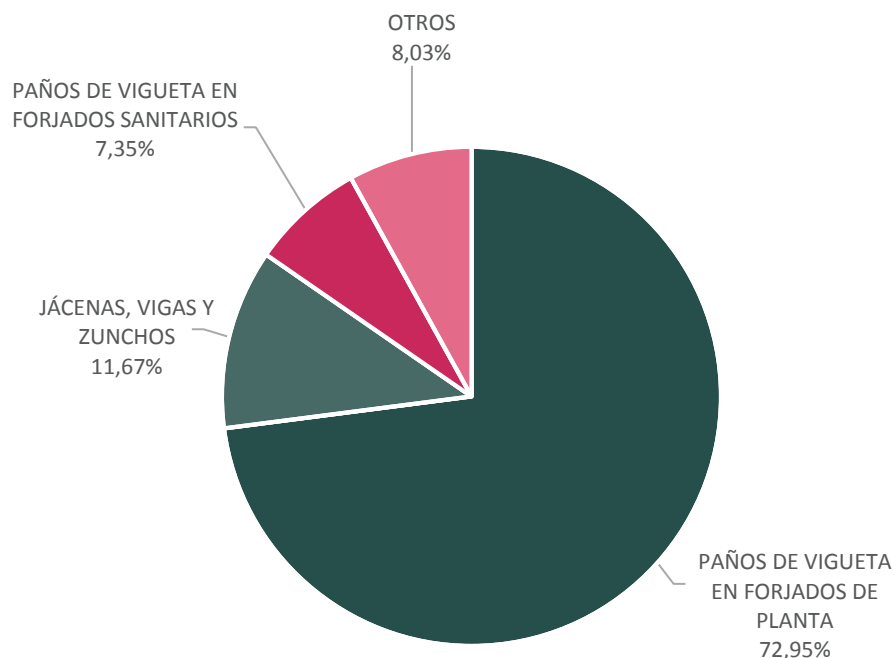


Gráfico 5.2-1.

El estudio de *Elementos* asociados a los procesos patológicos indica que los *paños de vigueta en forjados de planta* es claramente el lugar donde se concentran los problemas de esta unidad constructiva.

5.3. PATOLOGÍA

Se indican en la siguiente tabla los valores obtenidos según del número de *procesos patológicos* en relación con el descriptor *Patología*.

Patología	Nº PP	%
Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	881	76,15%
Fisuras en el propio elemento estructural	122	10,54%
Humedades por condensación	76	6,57%
Daño estructural	34	2,94%
Corrosión/oxidación	28	2,42%
Caída y/o rotura de piezas	14	1,21%
Humedades y/o filtraciones	2	0,17%
Total general	1.157	100,00%

Tabla 5.3-1.

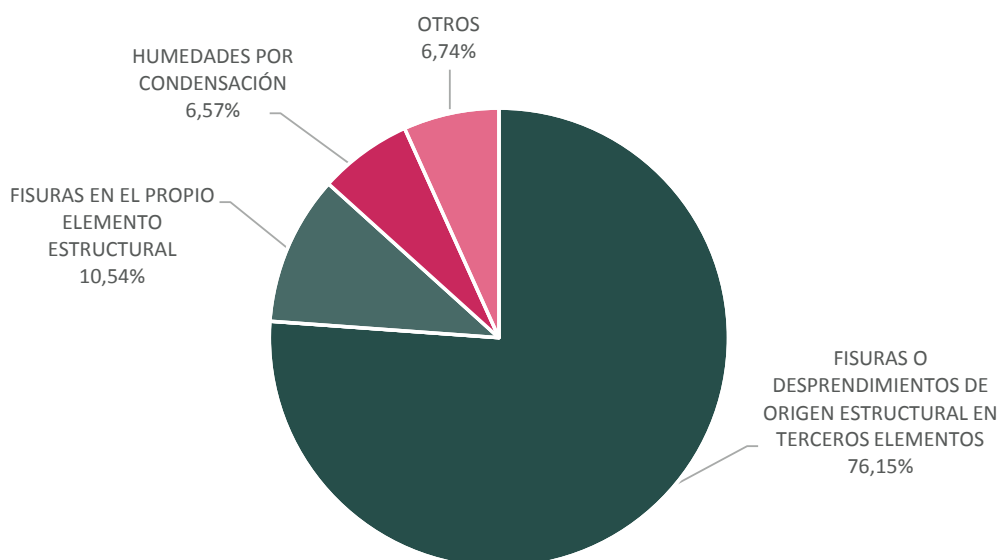


Gráfico 5.3-1.

La patología *fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos* es la que se asocia a un mayor número de procesos patológicos y está presente en las tres cuartas partes de las situaciones estudiadas.

5.4. CAUSA

Se indican en la siguiente tabla los valores obtenidos según del número de *procesos patológicos* con relación al descriptor *Causa*.

Causa	Nº PP	%
Deformabilidad estructural	838	72,43%
Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)	76	6,57%
Movimientos de dilatación	68	5,88%
Ausencia/deficiencia de armado	41	3,54%
Error de cálculo en proyecto	35	3,02%
Material y/o solución constructiva inadecuada	31	2,68%
Ausencia/deficiencia de puesta en obra	29	2,51%
Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	26	2,25%
Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	6	0,51%
Ausencia/deficiencia de impermeabilización	2	0,17%
Características autoportantes	2	0,17%
Aluminosis	1	0,09%
Deficiente encofrado	1	0,09%
Desencofrado/descimbrado prematuro	1	0,09%
Total general	1.157	100,00%

Tabla 5.4-1.

La tabla y el gráfico de este apartado reflejan una preponderancia absoluta de la causa *deformabilidad estructural* como el motivo principal que da lugar a las problemáticas en los forjados unidireccionales de hormigón.

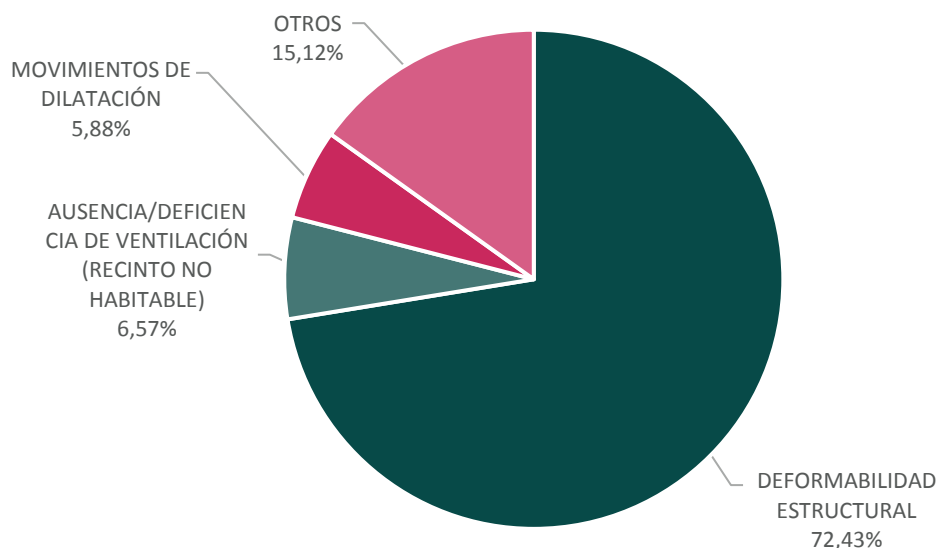


Gráfico 5.4-1.

6. RESULTADOS SEGÚN LA VARIANTE

En este capítulo se analizarán los resultados del estudio para cada una de las Variantes contempladas en el mismo (*forjado unidireccional alveolar*, *forjado unidireccional de vigueta y losas de rampa y escalera*). Se estudiará el número de *procesos patológicos* que correspondan a cada una de las *Variantes* y su relación con *Elementos*, *Patologías* y *Causas*. Se finalizará ofreciendo información sobre cada una de las *Variantes* en relación con: *Elementos* y *Materiales* que los constituyen, *Elementos* y *Patologías*, *Elementos* y *Causas*, y los *procesos patológicos* más representativos.

6.1. FORJADO UNIDIRECCIONAL ALVEOLAR

6.1.1. Forjado unidireccional alveolar – Elemento

Elemento	Nº PP	%
Paños de placas alveolares	12	100,00%
Total general	12	100,00%

Tabla 6.1-1.

6.1.2. Forjado unidireccional alveolar – Patología

Patología	Nº PP	%
Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	9	75,00%
Fisuras en el propio elemento estructural	3	25,00%
Total general	12	100,00%

Tabla 6.1-2.

6.1.3. Forjado unidireccional alveolar – Causa

Causa	Nº PP	%
Deformabilidad estructural	9	75,00%
Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	8,33%
Material y/o solución constructiva inadecuada	1	8,33%
Error de cálculo en proyecto	1	8,33%
Total general	12	100,00%

Tabla 6.1-3.

6.1.4. Forjado unidireccional alveolar – Elemento – Material

Tipo de elemento	Material	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de placas alveolares		12	100,00%	100,00%
	Placa alveolar	12	100,00%	100,00%
Total general		12	100,00%	

Tabla 6.1-4.

6.1.5. Forjado unidireccional alveolar – Elemento – Patología

Tipo de elemento	Patología	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de placas alveolares		12	100,00%	100,00%
	Fisuras en el propio elemento estructural	3	25,00%	25,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	9	75,00%	75,00%
Total general		12	100,00%	

Tabla 6.1-5.

6.1.6. Forjado unidireccional alveolar – Elemento – Causa

Tipo de elemento	Causa	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de placas alveolares		12	100,00%	100,00%
	Deformabilidad estructural	9	75,00%	75,00%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	8,33%	8,33%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	8,33%	8,33%
	Error de cálculo en proyecto	1	8,33%	8,33%
Total general		12	100,00%	

Tabla 6.1-6.

6.1.7. Forjado unidireccional alveolar – Elemento – Patología – Causa

En la siguiente tabla se expresan los 5 *procesos patológicos* más significativos de los *forjados unidireccionales de hormigón* cuya variante es *forjado unidireccional alveolar*. El porcentaje de la tabla está expresado respecto a la suma de esta variante.

Variante	Elemento	Patología	Causa	Nº PP	% PP
Forjado unidireccional alveolar	Paños de placas alveolares	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Deformabilidad estructural	7	58,33%
		Fisuras en el propio elemento estructural	Deformabilidad estructural	2	16,67%
		Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Error de cálculo en proyecto	1	8,33%
		Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	8,33%
		Fisuras en el propio elemento estructural	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	8,33%

Tabla 6.1-7.

6.2. FORJADO UNIDIRECCIONAL DE VIGUETA

6.2.1. Forjado unidireccional de vigueta – Elemento

Elemento	Nº PP	%
Paños de vigueta en forjados de planta	844	76,45%
Jácenas, vigas y zunchos	135	12,23%
Paños de vigueta en forjados sanitarios	85	7,70%
Paños macizos de hormigón	40	3,62%
Total general	1.104	100,00%

Tabla 6.2-1.

6.2.2. Forjado unidireccional de vigueta – Patología

Patología	Nº PP	%
Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	851	77,08%
Fisuras en el propio elemento estructural	104	9,42%
Humedades por condensación	76	6,88%
Daño estructural	31	2,81%
Corrosión/oxidación	28	2,54%
Caída y/o rotura de piezas	14	1,27%
Total general	1.104	100,00%

Tabla 6.2-2.

6.2.3. Forjado unidireccional de vigueta – Causa

Causa	Nº PP	%
Deformabilidad estructural	809	73,28%
Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)	76	6,89%
Movimientos de dilatación	58	5,25%
Ausencia/deficiencia de armado	37	3,35%
Error de cálculo en proyecto	33	2,99%
Material y/o solución constructiva inadecuada	29	2,63%
Ausencia/deficiencia de puesta en obra	27	2,45%
Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	25	2,26%
Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	5	0,45%
Características autoportantes	2	0,18%
Deficiente encofrado	1	0,09%
Desencofrado/descimbrado prematuro	1	0,09%
Aluminosis	1	0,09%
Total general	1.104	100,00%

Tabla 6.2-3.

6.2.4. Forjado unidireccional de vigueta – Elemento – Material

Tipo de elemento	Material	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de vigueta en forjados de planta		844	76,45%	100,00%
	Material no especificado	613	55,53%	72,63%
	Vigueta de celosía	112	10,14%	13,27%
	Vigueta simple T o doble T	84	7,61%	9,95%
	Nervio in situ	35	3,17%	4,15%
Jácnas, vigas y zunchos		135	12,23%	100,00%
	Hormigón armado	135	12,23%	100,00%
Paños de vigueta en forjados sanitarios		85	7,70%	100,00%
	Vigueta autorresistente sobre muretes	85	7,70%	100,00%
Paños macizos de hormigón		40	3,62%	100,00%
	Hormigón armado	40	3,62%	100,00%
Total general		1.104	100,00%	

Tabla 6.2-4.

6.2.5. Forjado unidireccional de vigueta – Elemento – Patología

Tipo de elemento	Patología	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de vigueta en forjados de planta		844	76,45%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	733	66,39%	86,85%
	Fisuras en el propio elemento estructural	65	5,89%	7,70%
	Daño estructural	21	1,90%	2,49%
	Caída y/o rotura de piezas	13	1,18%	1,54%
	Corrosión/oxidación	12	1,09%	1,42%
Jácnas, vigas y zunchos		135	12,23%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	104	9,42%	77,04%
	Fisuras en el propio elemento estructural	15	1,36%	11,11%
	Corrosión/oxidación	8	0,72%	5,93%
	Daño estructural	8	0,72%	5,93%
Paños de vigueta en forjados sanitarios		85	7,70%	100,00%
	Humedades por condensación	76	6,88%	89,41%
	Fisuras en el propio elemento estructural	3	0,27%	3,53%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	2	0,18%	2,35%
	Corrosión/oxidación	2	0,18%	2,35%
	Caída y/o rotura de piezas	1	0,09%	1,18%
	Daño estructural	1	0,09%	1,18%
Paños macizos de hormigón		40	3,62%	100,00%
	Fisuras en el propio elemento estructural	21	1,90%	52,50%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	12	1,09%	30,00%
	Corrosión/oxidación	6	0,54%	15,00%
	Daño estructural	1	0,09%	2,50%
Total general		1.104	100,00%	

Tabla 6.2-5.

6.2.6. Forjado unidireccional de vigueta – Elemento – Causa

Tipo de elemento	Causa	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de vigueta en forjados de planta		844	76,45%	100,00%
	Deformabilidad estructural	689	62,41%	81,64%
	Movimientos de dilatación	49	4,44%	5,81%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	25	2,26%	2,96%
	Error de cálculo en proyecto	22	1,99%	2,61%
	Ausencia/deficiencia de armado	22	1,99%	2,61%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	22	1,99%	2,61%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	9	0,82%	1,07%
	Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	3	0,27%	0,36%
	Desencofrado/descimbrado prematuro	1	0,09%	0,12%
	Aluminosis	1	0,09%	0,12%
	Deficiente encofrado	1	0,09%	0,12%
Jácnas, vigas y zunchos		135	12,23%	100,00%
	Deformabilidad estructural	99	8,97%	73,33%
	Ausencia/deficiencia de armado	12	1,09%	8,89%
	Error de cálculo en proyecto	8	0,72%	5,93%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	8	0,72%	5,93%
	Movimientos de dilatación	2	0,18%	1,48%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	2	0,18%	1,48%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	2	0,18%	1,48%
	Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	2	0,18%	1,48%
Paños de vigueta en forjados sanitarios		85	7,70%	100,00%
	Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)	76	6,88%	89,41%
	Deformabilidad estructural	3	0,27%	3,53%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	2	0,18%	2,35%
	Características autoportantes	2	0,18%	2,35%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	0,09%	1,18%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	0,09%	1,18%
Paños macizos de hormigón		40	3,62%	100,00%
	Deformabilidad estructural	18	1,63%	45,00%
	Movimientos de dilatación	7	0,63%	17,50%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	6	0,54%	15,00%
	Error de cálculo en proyecto	3	0,27%	7,50%
	Ausencia/deficiencia de armado	3	0,27%	7,50%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	2	0,18%	5,00%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	0,09%	2,50%
Total general		1.104	100,00%	

Tabla 6.2-6.

6.2.7. Forjado unidireccional de vigueta – Elemento – Patología – Causa

En la siguiente tabla se expresan los 5 procesos patológicos más significativos de los forjados unidireccionales de hormigón cuya Variante es forjado unidireccional de vigueta. El porcentaje de la tabla está expresado respecto a la suma de esta variante.

Variante	Elemento	Patología	Causa	Nº PP	% PP
Forjado unidireccional de vigueta	Paños de vigueta en forjados de planta	Deformabilidad estructural	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	648	58,70%
	Jácenas, vigas y zunchos	Deformabilidad estructural	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	86	7,79%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)	Humedades por condensación	76	6,88%
	Paños de vigueta en forjados de planta	Movimientos de dilatación	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	35	3,17%
	Paños de vigueta en forjados de planta	Deformabilidad estructural	Fisuras en el propio elemento estructural	30	2,72%

Tabla 6.2-7.

6.3. LOSAS DE RAMPA Y ESCALERA

6.3.1. Losas de rampa y escalera – Elemento

Elemento	Nº PP	% PP
Losa de escalera	38	92,68%
Losa de rampa	3	7,32%
Total general	41	100,00%

Tabla 6.3-1.

6.3.2. Losas de rampa y escalera – Patología

Patología	Nº PP	% PP
Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	21	51,22%
Fisuras en el propio elemento estructural	15	36,58%
Daño estructural	3	7,32%
Humedades y/o filtraciones	2	4,88%
Total general	41	100,00%

Tabla 6.3-2.

6.3.3. Losas de rampa y escalera – Causa

Causa	Nº PP	% PP
Deformabilidad estructural	20	48,78%
Movimientos de dilatación	10	24,39%
Ausencia/deficiencia de armado	4	9,75%
Ausencia/deficiencia de impermeabilización	2	4,88%
Material y/o solución constructiva inadecuada	1	2,44%
Error de cálculo en proyecto	1	2,44%
Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	1	2,44%
Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	2,44%
Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	1	2,44%
Total general	41	100,00%

Tabla 6.3-3.

6.3.4. Losas de rampa y escalera – Elemento – Material

Tipo de elemento	Material	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Losa de escalera		38	92,68%	100,00%
	Hormigón armado	38	92,68%	100,00%
Losa de rampa		3	7,32%	100,00%
	Hormigón armado	3	7,32%	100,00%
Total general		41	100,00%	

Tabla 6.3-4.

6.3.5. Losas de rampa y escalera – Elemento – Patología

Tipo de elemento	Patología	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Losa de escalera		38	92,68%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	20	48,78%	52,63%
	Fisuras en el propio elemento estructural	14	34,15%	36,84%
	Daño estructural	3	7,32%	7,89%
	Humedades y/o filtraciones	1	2,44%	2,63%
Losa de rampa		3	7,32%	100,00%
	Fisuras en el propio elemento estructural	1	2,44%	33,33%
	Humedades y/o filtraciones	1	2,44%	33,33%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	1	2,44%	33,33%
Total general		41	100,00%	

Tabla 6.3-5.

6.3.6. Losas de rampa y escalera – Elemento – Causa

Tipo de elemento	Causa	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Losa de escalera		38	92,68%	100,00%
	Deformabilidad estructural	20	48,78%	52,63%
	Movimientos de dilatación	9	21,95%	23,68%
	Ausencia/deficiencia de armado	4	9,76%	10,53%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	2,44%	2,63%
	Error de cálculo en proyecto	1	2,44%	2,63%
	Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	1	2,44%	2,63%
	Ausencia/deficiencia de impermeabilización	1	2,44%	2,63%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	2,44%	2,63%
Losa de rampa		3	7,32%	100,00%
	Ausencia/deficiencia de impermeabilización	1	2,44%	33,33%
	Movimientos de dilatación	1	2,44%	33,33%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	1	2,44%	33,33%
Total general		41	100,00%	

Tabla 6.3-6.

6.3.7. Losas de rampa y escalera – Elemento – Patología – Causa

En la siguiente tabla se expresan los 5 *procesos patológicos* más significativos de los forjados unidireccionales de hormigón cuya variante es *losas de rampa y escalera*. El *porcentaje* de la tabla está expresado respecto a la suma de esta variante.

Variante	Elemento	Patología	Causa	Nº PP	% PP
Losas de rampa y escalera	Losa de escalera	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Deformabilidad estructural	13	31,71%
	Losa de escalera	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Movimientos de dilatación	6	14,63%
	Losa de escalera	Fisuras en el propio elemento estructural	Deformabilidad estructural	6	14,63%
	Losa de escalera	Fisuras en el propio elemento estructural	Ausencia/deficiencia de armado	4	9,76%
	Losa de escalera	Fisuras en el propio elemento estructural	Movimientos de dilatación	3	7,32%

Tabla 6.3-7.

7. RESULTADOS SEGÚN EL ELEMENTO

Seguidamente presentamos los resultados por *procesos patológicos* en función de los *Elementos*, combinando este descriptor con *Variante*, *Patología*, *Causa* y *Materiales* que constituyen cada uno de los *Elementos*.

7.1. ELEMENTO – VARIANTE

En la tabla siguiente se informa, para cada uno de los *Elementos* contemplados en este estudio, del número y porcentaje de *procesos patológicos* que les afectan. Además, la tabla informa del número de *procesos patológicos* asociados a cada *Elemento* según el tipo de *Variante* presente en dichos *procesos patológicos*.

Tipo de elemento	Variante	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de vigueta en forjados de planta		844	72,95%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	844	72,95%	100,00%
Jácenas, vigas y zunchos		135	11,67%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	135	11,67%	100,00%
Paños de vigueta en forjados sanitarios		85	7,35%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	85	7,35%	100,00%
Paños macizos de hormigón		40	3,45%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	40	3,45%	100,00%
Losa de escalera		38	3,28%	100,00%
	Losas de rampa y escalera	38	3,28%	100,00%
Paños de placas alveolares		12	1,04%	100,00%
	Forjado unidireccional alveolar	12	1,04%	100,00%
Losa de rampa		3	0,26%	100,00%
	Losas de rampa y escalera	3	0,26%	100,00%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 7.1-1.

7.2. ELEMENTO – PATOLOGÍA

En la tabla siguiente se ofrecen los datos del número y porcentaje de *Patologías* que afectan a cada tipo de *Elemento* contemplado en esta investigación.

Tipo de elemento	Patología	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de vigueta en forjados de planta		844	72,95%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	733	63,35%	86,85%
	Fisuras en el propio elemento estructural	65	5,62%	7,70%
	Daño estructural	21	1,82%	2,49%
	Caída y/o rotura de piezas	13	1,12%	1,54%
	Corrosión/oxidación	12	1,04%	1,42%
Jácnas, vigas y zunchos		135	11,67%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	104	8,99%	77,04%
	Fisuras en el propio elemento estructural	15	1,30%	11,11%
	Corrosión/oxidación	8	0,69%	5,93%
	Daño estructural	8	0,69%	5,93%
Paños de vigueta en forjados sanitarios		85	7,35%	100,00%
	Humedades por condensación	76	6,57%	89,41%
	Fisuras en el propio elemento estructural	3	0,26%	3,53%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	2	0,17%	2,35%
	Corrosión/oxidación	2	0,17%	2,35%
	Caída y/o rotura de piezas	1	0,09%	1,18%
	Daño estructural	1	0,09%	1,18%
Paños macizos de hormigón		40	3,46%	100,00%
	Fisuras en el propio elemento estructural	21	1,82%	52,50%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	12	1,04%	30,00%
	Corrosión/oxidación	6	0,52%	15,00%
	Daño estructural	1	0,09%	2,50%
Losa de escalera		38	3,28%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	20	1,73%	52,63%
	Fisuras en el propio elemento estructural	14	1,21%	36,84%
	Daño estructural	3	0,26%	7,89%
	Humedades y/o filtraciones	1	0,09%	2,63%
Paños de placas alveolares		12	1,04%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	9	0,78%	75,00%
	Fisuras en el propio elemento estructural	3	0,26%	25,00%
Losa de rampa		3	0,26%	100,00%
	Fisuras en el propio elemento estructural	1	0,09%	33,33%
	Humedades y/o filtraciones	1	0,09%	33,33%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	1	0,09%	33,33%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 7.2-1.

7.3. ELEMENTO – CAUSA

En la tabla siguiente se ofrecen los datos del número y porcentaje de *Causas* que afectan a cada tipo de *Elemento* contemplado en esta investigación.

Tipo de elemento	Causa	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de vigueta en forjados de planta		844	72,95%	100,00%
	Deformabilidad estructural	689	59,55%	81,64%
	Movimientos de dilatación	49	4,24%	5,81%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	25	2,16%	2,96%
	Error de cálculo en proyecto	22	1,90%	2,61%
	Ausencia/deficiencia de armado	22	1,90%	2,61%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	22	1,90%	2,61%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	9	0,78%	1,07%
	Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	3	0,26%	0,36%
	Desencofrado/descimbrado prematuro	1	0,09%	0,12%
	Aluminosis	1	0,09%	0,12%
	Deficiente encofrado	1	0,09%	0,12%
Jácenas, vigas y zunchos		135	11,67%	100,00%
	Deformabilidad estructural	99	8,56%	73,33%
	Ausencia/deficiencia de armado	12	1,04%	8,89%
	Error de cálculo en proyecto	8	0,69%	5,93%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	8	0,69%	5,93%
	Movimientos de dilatación	2	0,17%	1,48%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	2	0,17%	1,48%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	2	0,17%	1,48%
	Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	2	0,17%	1,48%
Paños de vigueta en forjados sanitarios		85	7,35%	100,00%
	Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)	76	6,57%	89,41%
	Deformabilidad estructural	3	0,26%	3,53%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	2	0,17%	2,35%
	Características autoportantes	2	0,17%	2,35%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	0,09%	1,18%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	0,09%	1,18%



Tabla 7.3-1 (parte 1).



Tipo de elemento	Causa	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños macizos de hormigón		40	3,46%	100,00%
	Deformabilidad estructural	18	1,56%	45,00%
	Movimientos de dilatación	7	0,61%	17,50%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	6	0,52%	15,00%
	Error de cálculo en proyecto	3	0,26%	7,50%
	Ausencia/deficiencia de armado	3	0,26%	7,50%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	2	0,17%	5,00%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	0,09%	2,50%
Losa de escalera		38	3,28%	100,00%
	Deformabilidad estructural	20	1,73%	52,63%
	Movimientos de dilatación	9	0,78%	23,68%
	Ausencia/deficiencia de armado	4	0,35%	10,53%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	0,09%	2,63%
	Error de cálculo en proyecto	1	0,09%	2,63%
	Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	1	0,09%	2,63%
	Ausencia/deficiencia de impermeabilización	1	0,09%	2,63%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	0,09%	2,63%
Paños de placas alveolares		12	1,04%	100,00%
	Deformabilidad estructural	9	0,78%	75,00%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	0,09%	8,33%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	0,09%	8,33%
	Error de cálculo en proyecto	1	0,09%	8,33%
Losa de rampa		3	0,26%	100,00%
	Ausencia/deficiencia de impermeabilización	1	0,09%	33,33%
	Movimientos de dilatación	1	0,09%	33,33%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	1	0,09%	33,33%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 7.3-1 (parte 2).

7.4. ELEMENTO – MATERIAL

A continuación, ofrecemos los datos de los materiales asociados a cada tipo de *Elemento* indicando el número y porcentaje de *procesos patológicos* a ellos asociados.

Tipo de elemento	Material	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de elemento
Paños de vigueta en forjados de planta		844	72,95%	100,00%
	Material no especificado	613	52,98%	72,63%
	Vigueta de celosía	112	9,68%	13,27%
	Vigueta simple T o doble T	84	7,26%	9,95%
	Nervio in situ	35	3,03%	4,15%
Jácnas, vigas y zunchos		135	11,67%	100,00%
	Hormigón armado	135	11,67%	100,00%
Paños de vigueta en forjados sanitarios		85	7,35%	100,00%
	Vigueta autorresistente sobre muretes	85	7,35%	100,00%
Paños macizos de hormigón		40	3,46%	100,00%
	Hormigón armado	40	3,46%	100,00%
Losa de escalera		38	3,28%	100,00%
	Hormigón armado	38	3,28%	100,00%
Paños de placas alveolares		12	1,04%	100,00%
	Placa alveolar	12	1,04%	100,00%
Losa de rampa		3	0,26%	100,00%
	Hormigón armado	3	0,26%	100,00%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 7.4-1.

8. RESULTADOS SEGÚN LA PATOLOGÍA

A continuación, presentamos los resultados por procesos patológicos en función de las *Patologías*, combinando este descriptor con *Variante*, *Elemento* y *Causa*.

8.1. PATOLOGÍA – VARIANTE

En la tabla siguiente se clasifican los procesos patológicos según el tipo de *Patología* y según las *Variantes* asociadas a los *forjados unidireccionales de hormigón*.

Tipo de patología	Variante	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de patología
Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos		881	76,15%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	851	73,55%	96,59%
	Losas de rampa y escalera	21	1,82%	2,38%
	Forjado unidireccional alveolar	9	0,78%	1,02%
Fisuras en el propio elemento estructural		122	10,54%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	104	8,99%	85,25%
	Losas de rampa y escalera	15	1,30%	12,30%
	Forjado unidireccional alveolar	3	0,26%	2,46%
Humedades por condensación		76	6,57%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	76	6,57%	100,00%
Daño estructural		34	2,94%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	31	2,68%	91,18%
	Losas de rampa y escalera	3	0,26%	8,82%
Corrosión/oxidación		28	2,42%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	28	2,42%	100,00%
Caída y/o rotura de piezas		14	1,21%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	14	1,21%	100,00%
Humedades y/o filtraciones		2	0,17%	100,00%
	Losas de rampa y escalera	2	0,17%	100,00%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 8.1-1.

8.2. PATOLOGÍA – ELEMENTO

En la tabla siguiente se ofrecen los datos del número y porcentaje de *Elementos* que correspondan a cada tipo de *Patología* contemplado en esta investigación.

Tipo de patología	Elemento	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de patología
Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos		881	76,15%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	733	63,35%	83,20%
	Jácnas, vigas y zunchos	104	8,99%	11,80%
	Losa de escalera	20	1,73%	2,27%
	Paños macizos de hormigón	12	1,04%	1,36%
	Paños de placas alveolares	9	0,78%	1,02%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	2	0,17%	0,23%
	Losa de rampa	1	0,09%	0,11%
Fisuras en el propio elemento estructural		122	10,54%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	65	5,62%	53,28%
	Paños macizos de hormigón	21	1,82%	17,21%
	Jácnas, vigas y zunchos	15	1,30%	12,30%
	Losa de escalera	14	1,21%	11,48%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	3	0,26%	2,46%
	Paños de placas alveolares	3	0,26%	2,46%
	Losa de rampa	1	0,09%	0,82%
Humedades por condensación		76	6,57%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	76	6,57%	100,00%
Daño estructural		34	2,94%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	21	1,82%	61,76%
	Jácnas, vigas y zunchos	8	0,69%	23,53%
	Losa de escalera	3	0,26%	8,82%
	Paños macizos de hormigón	1	0,09%	2,94%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	1	0,09%	2,94%
Corrosión/oxidación		28	2,42%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	12	1,04%	42,86%
	Jácnas, vigas y zunchos	8	0,69%	28,57%
	Paños macizos de hormigón	6	0,52%	21,43%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	2	0,17%	7,14%
Caída y/o rotura de piezas		14	1,21%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	13	1,12%	92,86%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	1	0,09%	7,14%
Humedades y/o filtraciones		2	0,17%	100,00%
	Losa de rampa	1	0,09%	50,00%
	Losa de escalera	1	0,09%	50,00%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 8.2-1.

8.3. PATOLOGÍA – CAUSA

En la tabla siguiente se ofrecen los datos del número y porcentaje de *Causas* que corresponden a cada tipo de *Patología* contemplado en esta investigación.

Tipo de patología	Causa	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de patología
Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos		881	76,15%	100,00%
	Deformabilidad estructural	763	65,95%	86,61%
	Movimientos de dilatación	48	4,15%	5,45%
	Error de cálculo en proyecto	25	2,16%	2,84%
	Ausencia/deficiencia de armado	21	1,82%	2,38%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	17	1,47%	1,93%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	6	0,52%	0,68%
	Deficiente encofrado	1	0,09%	0,11%
Fisuras en el propio elemento estructural		122	10,54%	100,00%
	Deformabilidad estructural	58	5,01%	47,54%
	Movimientos de dilatación	19	1,64%	15,57%
	Ausencia/deficiencia de armado	17	1,47%	13,93%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	8	0,69%	6,56%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	6	0,52%	4,92%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	5	0,43%	4,10%
	Error de cálculo en proyecto	4	0,35%	3,28%
	Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	3	0,26%	2,46%
	Características autoportantes	2	0,17%	1,64%
Humedades por condensación		76	6,57%	100,00%
	Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)	76	6,57%	100,00%
Daño estructural		34	2,94%	100,00%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	10	0,86%	29,41%
	Deformabilidad estructural	10	0,86%	29,41%
	Error de cálculo en proyecto	6	0,52%	17,65%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	4	0,35%	11,76%
	Ausencia/deficiencia de armado	3	0,26%	8,82%
	Desencofrado/descimbrado prematuro	1	0,09%	2,94%
Corrosión/oxidación		28	2,42%	100,00%
	Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras	21	1,82%	75,00%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	3	0,26%	10,71%
	Ausencia/deficiencia de curado/vibrado	3	0,26%	10,71%
	Aluminosis	1	0,09%	3,57%
Caída y/o rotura de piezas		14	1,21%	100,00%
	Deformabilidad estructural	7	0,61%	50,00%
	Material y/o solución constructiva inadecuada	4	0,35%	28,57%
	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	2	0,17%	14,29%
	Movimientos de dilatación	1	0,09%	7,14%
Humedades y/o filtraciones		2	0,17%	100,00%
	Ausencia/deficiencia de impermeabilización	2	0,17%	100,00%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 8.3-1.

9. RESULTADOS SEGÚN LA CAUSA

Finalmente presentamos los resultados de este estudio en función de las *Causas*, combinando este descriptor con *Variante*, *Elemento* y *Patología*.

9.1. CAUSA – VARIANTE

En la siguiente tabla se clasifican los procesos patológicos según el tipo de *Causa* y la *Variante* presente en cada uno de ellos.

Tipo de causa	Variante	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de causa
Deformabilidad estructural		838	72,43%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	809	69,92%	96,54%
	Losas de rampa y escalera	20	1,73%	2,39%
	Forjado unidireccional alveolar	9	0,78%	1,07%
Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)		76	6,57%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	76	6,57%	100,00%
Movimientos de dilatación		68	5,88%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	58	5,01%	85,29%
	Losas de rampa y escalera	10	0,86%	14,71%
Ausencia/deficiencia de armado		41	3,54%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	37	3,20%	90,24%
	Losas de rampa y escalera	4	0,35%	9,76%
Error de cálculo en proyecto		35	3,03%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	33	2,85%	94,29%
	Losas de rampa y escalera	1	0,09%	2,86%
	Forjado unidireccional alveolar	1	0,09%	2,86%
Material y/o solución constructiva inadecuada		31	2,68%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	29	2,51%	93,55%
	Losas de rampa y escalera	1	0,09%	3,23%
	Forjado unidireccional alveolar	1	0,09%	3,23%
Ausencia/deficiencia de puesta en obra		29	2,51%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	27	2,33%	93,10%
	Losas de rampa y escalera	1	0,09%	3,45%
	Forjado unidireccional alveolar	1	0,09%	3,45%
Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras		26	2,25%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	25	2,16%	96,15%
	Losas de rampa y escalera	1	0,09%	3,85%

Tabla 9.1-1 (parte 1).

Tipo de causa	Variante	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de causa
Ausencia/deficiencia de curado/vibrado		6	0,52%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	5	0,43%	83,33%
	Losas de rampa y escalera	1	0,09%	16,67%
Ausencia/deficiencia de impermeabilización		2	0,17%	100,00%
	Losas de rampa y escalera	2	0,17%	100,00%
Características autoportantes		2	0,17%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	2	0,17%	100,00%
Deficiente encofrado		1	0,09%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	1	0,09%	100,00%
Desencofrado/descimbrado prematuro		1	0,09%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	1	0,09%	100,00%
Aluminosis		1	0,09%	100,00%
	Forjado unidireccional de vigueta	1	0,09%	100,00%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 9.1-1 (parte 2).

9.2. CAUSA – ELEMENTO

En la siguiente tabla se clasifican los *procesos patológicos* según el tipo de *Causa* y los *Elementos* contemplados en *forjados unidireccionales de hormigón*.

Tipo de causa	Elemento	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de causa
Deformabilidad estructural		838	72,43%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	689	59,55%	82,22%
	Jácenas, vigas y zunchos	99	8,56%	11,81%
	Losa de escalera	20	1,73%	2,39%
	Paños macizos de hormigón	18	1,56%	2,15%
	Paños de placas alveolares	9	0,78%	1,07%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	3	0,26%	0,36%
Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)		76	6,57%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	76	6,57%	100,00%

Tabla 9.2-1 (parte 1).

Tipo de causa	Elemento	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de causa
Movimientos de dilatación		68	5,88%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	49	4,24%	72,06%
	Losa de escalera	9	0,78%	13,24%
	Paños macizos de hormigón	7	0,61%	10,29%
	Jácenas, vigas y zunchos	2	0,17%	2,94%
	Losa de rampa	1	0,09%	1,47%
Ausencia/deficiencia de armado		41	3,54%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	22	1,90%	53,66%
	Jácenas, vigas y zunchos	12	1,04%	29,27%
	Losa de escalera	4	0,35%	9,76%
	Paños macizos de hormigón	3	0,26%	7,32%
Error de cálculo en proyecto		35	3,03%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	22	1,90%	62,86%
	Jácenas, vigas y zunchos	8	0,69%	22,86%
	Paños macizos de hormigón	3	0,26%	8,57%
	Losa de escalera	1	0,09%	2,86%
	Paños de placas alveolares	1	0,09%	2,86%
Material y/o solución constructiva inadecuada		31	2,68%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	25	2,16%	80,65%
	Jácenas, vigas y zunchos	2	0,17%	6,45%
	Paños macizos de hormigón	1	0,09%	3,23%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	1	0,09%	3,23%
	Losa de escalera	1	0,09%	3,23%
	Paños de placas alveolares	1	0,09%	3,23%
Ausencia/deficiencia de puesta en obra		29	2,51%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	22	1,90%	75,86%
	Paños macizos de hormigón	2	0,17%	6,90%
	Jácenas, vigas y zunchos	2	0,17%	6,90%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	1	0,09%	3,45%
	Losa de escalera	1	0,09%	3,45%
	Paños de placas alveolares	1	0,09%	3,45%
Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras		26	2,25%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	9	0,78%	34,62%
	Jácenas, vigas y zunchos	8	0,69%	30,77%
	Paños macizos de hormigón	6	0,52%	23,08%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	2	0,17%	7,69%
	Losa de rampa	1	0,09%	3,85%

Tabla 9.2-1 (parte 2.).

Tipo de causa	Elemento	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de causa
Ausencia/deficiencia de curado/vibrado		6	0,52%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	3	0,26%	50,00%
	Jácenas, vigas y zunchos	2	0,17%	33,33%
	Losa de escalera	1	0,09%	16,67%
Ausencia/deficiencia de impermeabilización		2	0,17%	100,00%
	Losa de rampa	1	0,09%	50,00%
	Losa de escalera	1	0,09%	50,00%
Características autoportantes		2	0,17%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados sanitarios	2	0,17%	100,00%
Deficiente encofrado		1	0,09%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	1	0,09%	100,00%
Desencofrado/descimbrado prematuro		1	0,09%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	1	0,09%	100,00%
Aluminosis		1	0,09%	100,00%
	Paños de vigueta en forjados de planta	1	0,09%	100,00%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 9.2-1 (parte 3).

9.3. CAUSA – PATOLOGÍA

En la tabla siguiente se ofrecen los datos del número y porcentaje de *Patologías* que corresponde a cada tipo de *Causa* contemplado en esta investigación.

Tipo de causa	Patología	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de causa
Deformabilidad estructural		838	72,43%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	763	65,95%	91,05%
	Fisuras en el propio elemento estructural	58	5,01%	6,92%
	Daño estructural	10	0,86%	1,19%
	Caída y/o rotura de piezas	7	0,61%	0,84%
Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)		76	6,57%	100,00%
	Humedades por condensación	76	6,57%	100,00%
Movimientos de dilatación		68	5,88%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	48	4,15%	70,59%
	Fisuras en el propio elemento estructural	19	1,64%	27,94%
	Caída y/o rotura de piezas	1	0,09%	1,47%

Tabla 9.3-1 (parte 1).

Tipo de causa	Patología	Nº PP	% PP sobre total general	% PP sobre tipo de causa
Ausencia/deficiencia de armado		41	3,54%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	21	1,82%	51,22%
	Fisuras en el propio elemento estructural	17	1,47%	41,46%
	Daño estructural	3	0,26%	7,32%
Error de cálculo en proyecto		35	3,03%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	25	2,16%	71,43%
	Daño estructural	6	0,52%	17,14%
	Fisuras en el propio elemento estructural	4	0,35%	11,43%
Material y/o solución constructiva inadecuada		31	2,68%	100,00%
	Daño estructural	10	0,86%	32,26%
	Fisuras en el propio elemento estructural	8	0,69%	25,81%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	6	0,52%	19,35%
	Caída y/o rotura de piezas	4	0,35%	12,90%
	Corrosión/oxidación	3	0,26%	9,68%
Ausencia/deficiencia de puesta en obra		29	2,51%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	17	1,47%	58,62%
	Fisuras en el propio elemento estructural	6	0,52%	20,69%
	Daño estructural	4	0,35%	13,79%
	Caída y/o rotura de piezas	2	0,17%	6,90%
Ausencia/deficiencia de recubrimiento de armaduras		26	2,25%	100,00%
	Corrosión/oxidación	21	1,82%	80,77%
	Fisuras en el propio elemento estructural	5	0,43%	19,23%
Ausencia/deficiencia de curado/vibrado		6	0,52%	100,00%
	Fisuras en el propio elemento estructural	3	0,26%	50,00%
	Corrosión/oxidación	3	0,26%	50,00%
Ausencia/deficiencia de impermeabilización		2	0,17%	100,00%
	Humedades y/o filtraciones	2	0,17%	100,00%
Características autoportantes		2	0,17%	100,00%
	Fisuras en el propio elemento estructural	2	0,17%	100,00%
Deficiente encofrado		1	0,09%	100,00%
	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	1	0,09%	100,00%
Desencofrado/descimbrado prematuro		1	0,09%	100,00%
	Daño estructural	1	0,09%	100,00%
Aluminosis		1	0,09%	100,00%
	Corrosión/oxidación	1	0,09%	100,00%
Total general		1.157	100,00%	

Tabla 9.3-1 (parte 2).



Sección C

CONCLUSIONES

SECCIÓN C. CONCLUSIONES

Los forjados son una unidad constructiva de una importancia crucial. El diseño, cálculo y ejecución de los mismos no solo repercute en la calidad del propio elemento estructural, sino que además un fallo o una irregularidad en éstos repercute en terceros elementos de la obra secundaria (cerramientos, particiones y revestimientos). Es por ello que creemos que cada uno de los agentes intervinientes en el proceso edificatorio (proyectistas, direcciones facultativas, promotores y constructores) debe de ser conocedora de estos resultados, y después de una reflexión respecto a las tareas y cometidos particulares de cada uno, ver en qué medida pueden aportar una mejora para que los usuarios no deban recurrir al sistema judicial.

La mayor y más frecuente problemática de los forjados unidireccionales de hormigón es la existencia de patologías relacionadas con 'fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos', lo que hace que esta única tipología de daño represente una abrumadora proporción cercana a 8 de cada 10 casos por sí sola (en concreto: 7,3 de cada decena de expedientes estudiados). Detrás de estas fisuraciones están otras (las 'fisuras en el propio elemento estructural') que están en segunda posición, pero a una distancia muy alejada de la anterior (se diferencian en 65,61 puntos porcentuales).

Con relación a las causas, con un diverso abanico de 14 tipos diferentes, la más recurrente es 'deformabilidad estructural' (72,43%), llegando a alcanzar casi las tres cuartas partes del total. Por tanto, pudiendo intervenir sobre este tipo de causa, se conseguiría reducir de manera drástica y enérgica las problemáticas en los forjados. Es interesante conocer también, que cada uno de los 13 tipos restantes de causas tienen una presencia individual que está siempre por debajo del 7%.

La división por tipo de variante -'forjado unidireccional de vigueta', 'forjado unidireccional alveolar', así como 'losas de rampa y escalera'- arroja una proporción hegemónica para la primera de ellas con un 95,42% de las situaciones analizadas en esta investigación.

En función de las verificaciones realizadas por el equipo investigador, se ha constatado que elemento con más presencialidad son los 'paños de vigueta en forjados de planta' con 844 casos, seguido de 'jácenas, vigas y zunchos' con 135 casos.

Se detallan ahora en la tabla siguiente, por cada tipo de variante, los 5 procesos patológicos más significativos que se han obtenido en esta investigación (*obviando el descriptor 'material'*). El porcentaje de procesos patológicos está expresado respecto al total de casos de la investigación.

ZONA	TIPOLOGÍA	VARIANTE	ELEMENTO	PATOLOGÍA	CAUSA	Nº PP	% PP
Estructura	Forjados unidireccionales de hormigón	Forjado unidireccional de vigueta	Paños de vigueta en forjados de planta	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Deformabilidad estructural	648	56,01%
			Jácenas, vigas y zunchos	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Deformabilidad estructural	86	7,43%
			Paños de vigueta en forjados sanitarios	Humedades por condensación	Ausencia/deficiencia de ventilación (recinto no habitable)	76	6,57%
			Paños de vigueta en forjados de planta	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Movimientos de dilatación	35	3,03%
			Paños de vigueta en forjados de planta	Fisuras en el propio elemento estructural	Deformabilidad estructural	30	2,59%
		Forjado unidireccional alveolar	Paños de placas alveolares	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Deformabilidad estructural	7	0,61%
				Fisuras en el propio elemento estructural	Deformabilidad estructural	2	0,17%
				Fisuras en el propio elemento estructural	Material y/o solución constructiva inadecuada	1	0,09%
				Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Ausencia/deficiencia de puesta en obra	1	0,09%
				Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Error de cálculo en proyecto	1	0,09%
		Losas de rampa y escalera	Losa de escalera	Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Deformabilidad estructural	13	1,12%
				Fisuras en el propio elemento estructural	Deformabilidad estructural	6	0,52%
				Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos	Movimientos de dilatación	6	0,52%
				Fisuras en el propio elemento estructural	Ausencia/ deficiencia de armado	4	0,35%
				Fisuras en el propio elemento estructural	Movimientos de dilatación	3	0,26%

Tabla C-1.

El primer proceso patológico descrito en la tabla, con 648 repeticiones, se da lógicamente en la variante preponderante que es la de 'forjado unidireccional de vigueta'. Lo más interesante de ello, es que existe una interrelación de casos en donde en el 56% de los expedientes verificados la causa que lo provocaba era la de deformabilidad estructural. El segundo proceso patológico con mayor porcentaje es el de "Jácnas, vigas y zunchos - Fisuras o desprendimientos de origen estructural en terceros elementos - Deformabilidad estructural" con un valor de 7,43%.

Para acabar, hay que indicar que el tipo de fuente de datos analizada, su estructuración, extensión geográfica, clase de descriptores, así como el resto de los aspectos que caracterizan esta investigación, no tiene similitud en la mayoría de los países de nuestro entorno. Este autor ha hecho una búsqueda activa para hacer una comparativa con los resultados obtenidos en otros países a partir de sentencias judiciales en construcción, y no ha sido posible dicha comparación pues no se ha encontrado una analogía que lo permitiera. Se espera así, que en el colectivo de la arquitectura técnica y la edificación este estudio sobre forjados unidireccionales de hormigón armado pueda tener su puesta en valor como forma de retroalimentación y conocimiento experimental.

Manuel Jesús Carretero Ayuso
-Autor-

**AUTOR
Y
EQUIPO TÉCNICO**

COLECCIÓN
ESD

AUTOR Y EQUIPO TÉCNICO

AUTOR

MANUEL JESÚS CARRETERO AYUSO

Arquitecto Técnico.

Doctor Ingeniero de Edificación.

Máster en Facility BIM Manager.

Máster en Energética de la Edificación.

Máster de Investigación en Ingeniería y Arquitectura.

Profesor de la Universidad de Extremadura.



EQUIPO TÉCNICO

ERVIN ERICK VALVERDE ZUMAETA

Graduado en Edificación.

DANIELA TABARES VILLADA

*Doble Grado en Edificación y en Administración
y Dirección de Empresas.*

KEVIN JOSÉ ROJAS RAYME

Ingeniero Civil.

Máster en Gestión de Edificaciones.

FUNDACIÓN Musaat

GRUPO

Musaat

COLECCIÓN
ESD

ISBN: 978-84-09-65693-6



9 788409 656936



C. del Jazmín, 66. 28033 Madrid
T. (+34) 913 84 11 27
fundacionmusaat.musaat.es

ISBN: 978-84-09-78669-5



9 788409 786695

CUADERNO

5