



**mr**  
manual de referencia

INGENIERÍA CIVIL, TOPOGRAFÍA Y CONSTRUCCIÓN

# **ESTRUCTURAS AUXILIARES EN LA CONSTRUCCIÓN: ANDAMIOS, APEOS, ENTIBACIONES, ENCOFRADOS Y CIMBRAS**

Víctor Yepes Piqueras

# **Estructuras auxiliares en la construcción: andamios, apeos, entibaciones, encofrados y cimbras**

**Víctor Yepes Piqueras**

Colección *Manual de referencia*, serie Ingeniería Civil

Los contenidos de esta publicación han sido evaluados mediante el sistema *doble ciego*, siguiendo el procedimiento que se recoge en [http://bit.ly/Evaluacion\\_Obras](http://bit.ly/Evaluacion_Obras)

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita:  
Yepes, V. (2024). *Estructuras auxiliares en la construcción: andamios, apeos, entibaciones, encofrados y cimbras*. edUPV.

© Víctor Yepes Piqueras

© 2024, edUPV

*Venta:* [www.lalibreria.upv.es](http://www.lalibreria.upv.es) / Ref.: 0477\_05\_01\_01

Maquetación: Enrique Mateo, *Triskelion Diseño Editorial*  
Imprime: Byprint Percom S.L.

ISBN: 978-84-1396-238-2

DL: V-2831-2024

Si el lector detecta algún error en el libro o bien quiere contactar con los autores, puede enviar un correo a [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)

# Agradecimientos

La redacción de un libro como este no es posible en un corto espacio de tiempo. Se cumplen treinta años desde que imparto la asignatura de Procedimientos de Construcción en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Valencia. Desde aquel lejano 1994, son muchas las personas, empezando por los propios estudiantes, a quienes tengo que agradecer mucho de lo que ahora podemos ver en este manual de referencia.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los profesores de la unidad docente de Procedimientos de Construcción y Organización de Obras por sus valiosos consejos e indicaciones a lo largo de todos estos años. Destaco especialmente la contribución de Fernando González Vidosa, José Vicente Martí Albiñana y Julián Alcalá González, cuyo apoyo ha sido fundamental en la realización de este libro. Asimismo, extiendo mi agradecimiento al profesor Pedro Martínez Pagán de la Universidad Politécnica de Cartagena, quien ha colaborado de manera significativa en la elaboración de un conjunto de nomogramas originales que permiten resolver parte de los problemas de forma gráfica. También agradezco a Esther Valiente Ochoa y Antonio J. Sánchez Garrido, quienes han facilitado algunas de las fotografías que figuran en el libro. Mi gratitud se extiende también a todas las empresas y profesionales que han permitido el uso de imágenes en esta obra, donde la explicación de los medios auxiliares y los procesos constructivos requiere un buen volumen de material gráfico. Asimismo, agradezco al equipo de la Editorial de la Universitat Politècnica de València, y en especial a María Remedios Pérez García, su esmero y trabajo para hacer de este libro un manual de referencia. No quiero olvidar tampoco a los revisores anónimos de esta publicación. Sus valiosas recomendaciones han permitido mejorar aspectos relacionados con la organización y la claridad de lo expuesto.

Este manual complementa el corpus teórico de la asignatura, formando parte del conjunto de materiales, libros y documentación elaborados por el autor. Recomiendo al lector acudir a manuales, libros o apuntes para ampliar aquellos conocimientos que, seguro, han quedado en el tintero. No obstante, se ha incluido una extensa bibliografía que, espero, resulte útil para este propósito. Asimismo, me complace recomendar mi blog, que cuenta con una trayectoria de más de doce años y ha recopilado cerca de 2000 artículos relacionados con aspectos de la ingeniería de la construcción: <https://victoryepes.blogs.upv.es/>

Por último, a pesar de haber puesto todo el empeño en revisar cada uno de los textos y problemas, es posible que existan erratas u omisiones. Agradezco de antemano cualquier sugerencia o mejora que pueda servir para futuras ediciones. Espero sinceramente que este libro que tiene en sus manos contribuya a mejorar la calidad docente de este tipo de asignaturas tan prácticas y que sea una herramienta valiosa tanto para estudiantes como para profesionales.





# Prólogo

La docencia de una asignatura como “Procedimientos de Construcción” resulta complicada debido a que se debe enseñar cómo hacer las obras. Eso incluye no solo las fases constructivas, sino también aspectos de gran relevancia como es el conocimiento de la maquinaria y los medios auxiliares, la seguridad y salud, el impacto ambiental de las obras y, sobre todo, el conocimiento básico necesario en geotecnia, resistencia de materiales, mecánica, cálculo de estructuras, gestión de empresas, planificación de obras y economía. Todo ello para acertar en la selección del mejor proceso constructivo para una obra determinada. Y todo este conocimiento debe abordarse con una experiencia nula o muy pequeña del alumnado en relación con la realidad física de las obras.

La pregunta es inmediata: ¿cómo podemos llevar la obra al estudiante en un aula? Resulta evidente la necesidad de que los futuros profesionales pisen las obras lo máximo posible y realicen prácticas en empresas. Sin embargo, esta experiencia no es suficiente para adquirir las competencias y conocimientos necesarios.

El problema crece cuando este tipo de asignaturas de construcción se imparten en los primeros cursos de los grados. En los planes antiguos, “Procedimientos Generales de Construcción y Organización de Obras” se impartía en los últimos cursos, incluso en paralelo con la asignatura de Proyectos. Ello permitía al estudiante aplicar todos los conocimientos adquiridos con anterioridad y hacía que la asignatura se pudiese entender con mayor profundidad.

Pero el problema sigue siendo el mismo. Recuerdo que estudié esta asignatura en cuarto curso de la titulación de ingeniero de caminos, canales y puertos, cuando el plan se desarrollaba en seis cursos. En aquella época, hablo del año 1986, D. Hermelando Corbí Abad, profesor de la asignatura, utilizaba todos los medios disponibles en su momento como el proyector de opacos, fotografías que nos pasábamos de mano en mano o catálogos de máquinas o de empresas para que nos imagináramos cómo se podría hacer una obra. Y, sobre todo, pizarra, mucha pizarra. Tomábamos apuntes en clase y teníamos fotocopias mecanografiadas por el profesor que nos servían como texto. Todo se complementaba con abundantes visitas a obras y excursiones organizadas que nos abrían los ojos, el compañerismo y la ilusión por esta apasionante profesión.

Cuando en el año 1994 empecé a impartir por primera vez la asignatura, tuve que recurrir a todo tipo de estrategias disponibles en aquel momento. Era entonces profesor asociado, más joven, pero con años ya de experiencia en los sectores público y privado. Usábamos vídeos en VHS, transparencias que nos permitían ahorrar mucha pizarra, fotografías y catálogos. Se completaba con las visitas a obra. Pero el problema de acercar la realidad al estudiante seguía siendo complicado. Además, las técnicas

constructivas, y sobre todo las máquinas y los elementos auxiliares, cambiaban de forma acelerada. Todo demasiado rápido para los medios de los que disponíamos.

Sin embargo, la aparición de los ordenadores, el PowerPoint y, sobre todo, internet, revolucionó todo con el cambio de milenio. Nada volvió a ser como antes. La información y las novedades se acumularon en mi ordenador. Cientos de fotografías, vídeos y documentación se perdían entre las carpetas de mi disco duro. Había que poner orden.

El descubrimiento de las ventajas de disponer de una bitácora digital fue algo que revolucionó mi forma de impartir las clases de esta asignatura. En efecto, el 5 de marzo de 2012 empecé el que iba a ser un blog personal para organizar la información que tenía dispersa en mi ordenador. Fue una auténtica revolución. Podía ordenar por entradas la información dispersa sobre temas de construcción, incluyendo fotografías, vídeos y enlaces a otros documentos. Nada volvería a ser lo mismo. Los estudiantes disponían de una herramienta con la que tener toda la información, no solo de clase, sino que podían ampliarla hasta donde quisieran buceando en internet. Así nació el “Blog de Víctor Yepes” <https://victoryepes.blogs.upv.es/>, que hoy tiene casi 1500 artículos y más de 5000 visitas diarias. Además, con la potencia de las redes sociales, toda la información se multiplicaba de forma exponencial.

El paso siguiente era el lógico y normal. Se trataba de depurar y mejorar la información para escribir un libro. Así surgieron una serie de textos docentes que, bajo el nombre de Manual de Referencia, edita la Universitat Politècnica de València. Además, este libro en particular, sirve de base para un curso en línea, gratuito y masivo que, bajo el mismo nombre, se imparte desde este mismo año en la plataforma edX, donde colabora nuestra universidad. En el enlace <https://www.edx.org/course/introduccion-procedimientos-construccion-obra-civil> se puede acceder al curso en cualquier momento, con la posibilidad de obtener un certificado oficial de dicho curso.

El presente libro es el resultado del esfuerzo de compilación, ordenación y actualización de material por parte del autor, con el objetivo de proporcionar un recurso integral y actual para estudiantes y profesionales del ámbito de la construcción. En mi opinión, cada generación de profesores debe asumir la responsabilidad de mantener y renovar el contenido de sus asignaturas, asegurando que este refleje los últimos avances y conocimientos en la materia. Es importante señalar que las normas y leyes que rigen las estructuras auxiliares pueden cambiar con el tiempo. Por esta razón, se ha intentado resaltar los principios más importantes y duraderos. Por otra parte, parece como si las estructuras y los medios auxiliares, por ser temporales, no se merecerían la atención que requieren en el ámbito de la construcción.

Este texto se presenta como un Manual de Referencia, no solo para estudiantes de asignaturas relacionadas con procedimientos de construcción, sino también para profesionales que buscan una fuente fiable y actualizada. La naturaleza práctica de este libro es especialmente valiosa, dado que los cambios en la maquinaria, los

procedimientos constructivos y los medios auxiliares son constantes y rápidos, lo que dificulta encontrar bibliografía que aborde estos aspectos con la profundidad y actualidad necesarias.

Una de las mayores dificultades en la elaboración de este libro ha sido la recopilación del material gráfico, fundamental para la comprensión de los elementos que componen las estructuras auxiliares. Estas estructuras, a menudo subestimadas, son tan importantes como las definitivas, y su cálculo y control son cruciales para evitar problemas de calidad y seguridad.

En cuanto a la estructura del libro, realmente contiene capítulos correspondientes a las estructuras auxiliares más importantes empleadas en la construcción: apeos y apuntalamientos, entibaciones, andamios de trabajo, encofrados y cimbras. También se pueden encontrar un buen número de referencias y una cantidad nada desdeñable de preguntas tipo test con sus respuestas para averiguar si el lector ha comprendido bien lo explicado en el texto. Al final se puede localizar un índice temático que, sin duda, servirá para encontrar información de forma rápida.

La necesidad de un libro como este surge para rellenar un hueco editorial importante. Si bien se pueden encontrar cientos de libros de gran calidad en materias tales como la geotecnia y la mecánica de suelos, la resistencia de materiales y cálculo de estructuras, la hidráulica, etc., son pocos los que se dedican a desgranar los procedimientos constructivos, la maquinaria y los medios auxiliares necesarios para ello.

El reto fue bastante importante. El objetivo fue estructurar información muy dispersa, técnicas clásicas con otras de rabiosa actualidad, maquinaria que, año tras año, deja a los modelos anteriores obsoletos. Y, afortunadamente, es posible que, en unos años, parte de las técnicas contenidas en este volumen queden como recuerdos del pasado, dando paso a la robotización, la inteligencia artificial, los gemelos digitales y otras muchas técnicas emergentes que van a desdibujar la forma que tenemos de entender las obras.

Por último, y aunque se ha realizado un esfuerzo minucioso por revisar el manuscrito, es posible que pueda existir alguna errata típica de una obra que se edita por vez primera. Asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión y, en la medida de lo posible, trataré de subsanar y mejorar los aspectos o sugerencias que me hagáis llegar.

Este libro, a partir de ahora, deja de ser mío y pasa a ser del lector. Espero que sirva para todos los estudiantes y profesionales que quieran introducirse en el maravilloso mundo de las obras, y en particular, a aquellos que tienen que luchar, día a día con los medios auxiliares que van a necesitar para ejecutarlas.

Valencia, junio de 2024



# Índice

Agradecimientos.....	iii
Prólogo .....	v
<b>Capítulo 1. Estructuras auxiliares y desmontables. Concepto y clasificaciones ...</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2. Apeos y apuntalamientos .....</b>	<b>7</b>
2.1. Introducción a los apeos y apuntalamientos .....	9
2.2. Apeo de fachadas para el vaciado de edificios: estabilizadores de fachada .....	15
2.3. El apeo de urgencia .....	18
2.4. Sostenimiento de un muro pantalla.....	20
2.5. Tablestacas arriostradas con puntales .....	23
<b>Capítulo 3. Entibaciones.....</b>	<b>25</b>
3.1. Entibaciones de madera.....	28
3.2. Muro berlinés.....	31
3.3. Entibaciones de paneles metálicos .....	32
3.3.1. Entibación ligera con paneles de aluminio .....	34
3.3.2. Sistema de entibación mediante paneles con guías deslizantes .....	35
3.3.3. Sistemas de entibación por presión hidráulica .....	37
3.3.4. Sistemas de entibación con cajones de blindaje o escudos.....	38
<b>Capítulo 4. Andamios de trabajo .....</b>	<b>41</b>
4.1. Introducción a los andamios en las obras .....	43
4.2. Andamio de borriquetas .....	47
4.2.1. Tipos de andamios de borriquetas.....	48
4.2.2. Composición del andamio de borriquetas .....	48
4.2.2.1. Soporte.....	49
4.2.2.2. Plataforma de trabajo.....	50
4.2.2.3. Crucetas o arriostramientos .....	50
4.2.2.4. Barandillas.....	51
4.2.3. Normas generales de seguridad.....	51
4.3. Torres de trabajo móviles .....	52
4.4. Plataformas de trabajo desplazables sobre mástil: andamio de cremallera .....	56
4.5. Plataformas suspendidas de nivel variable .....	59
4.6. Andamio metálico modular en voladizo.....	65
4.7. Andamios de marcos prefabricados: andamios de fachada europeos .....	67
4.8. Andamios multidireccionales o de volumen .....	70
<b>Capítulo 5. Criterios generales para la ejecución de estructuras de hormigón....</b>	<b>75</b>
Código Estructural. Capítulo 4. Bases generales para la ejecución de las estructuras ..	77
Artículo 12. Criterios generales para la ejecución de las estructuras .....	77
Artículo 13. Adecuación del proceso constructivo al proyecto .....	78



Artículo 14. Gestión de los procesos constructivos.....	78
Artículo 15. Gestión de los acopios de materiales en la obra .....	81
Artículo 16. Actuaciones asociadas a la ejecución.....	81
<b>Capítulo 6. Encofrados y moldes.....</b>	<b>83</b>
6.1. Introducción a los encofrados y moldes .....	85
6.2. Partes de un encofrado .....	88
6.3. Costes en la construcción de encofrados .....	90
6.4. Materiales utilizados en los encofrados .....	92
6.4.1. Encofrados de madera .....	92
6.4.2. Encofrados de contrachapado fenólico .....	97
6.4.3. Encofrado de acero .....	101
6.4.4. El hormigón como material de encofrado .....	102
6.4.4.1. Prelosas y losas en puentes.....	103
6.4.4.2. Sistemas de forjado con prelosas.....	105
6.4.5. Otros materiales para encofrados .....	107
6.5. Clasificación de los sistemas de encofrado .....	115
6.6. Encofrados verticales .....	116
6.6.1. Encofrados de muros.....	120
6.6.2. Encofrados de pilares .....	123
6.6.2.1. Encofrados metálicos prefabricados para columnas y pilares..	124
6.6.2.2. Encofrados desechables de cartón para columnas y pilares ...	126
6.6.3. Encofrados deslizantes.....	128
6.6.4. Encofrados trepantes.....	134
6.6.4.1. Encofrados trepantes para presas.....	137
6.6.4.2. Encofrado autotrepante variable para pilas de puente inclinadas.....	138
6.7. Encofrados horizontales.....	139
6.7.1. Encofrados para forjados de viguetas y losas de edificación .....	143
6.7.2. Encofrados para forjados reticulares .....	146
6.7.3. Encofrado con cabezal de caída .....	149
6.7.4. Encofrado tipo mecano .....	151
6.7.5. Mesas encofrantes o sistemas premontados .....	152
6.8. Encofrado de cimentaciones.....	154
6.9. Encofrado de vigas.....	157
6.10. Moldes para hormigón prefabricado.....	161
6.11. Encofrados especiales .....	164
6.11.1. Construcción mediante encofrados túnel .....	165
6.11.2. Encofrados para hormigón autocompactante .....	166
6.11.3. Encofrados flexibles textiles .....	168
6.11.4. Encofrados flexibles modulares .....	169
6.11.5. Cimbras y encofrados hinchables.....	170
6.11.6. Carros de encofrado para túnel .....	171
6.11.7. Carros de encofrado para la construcción de puentes por avance en voladizo .....	173

6.12.	Productos desencofrantes de desmoldeo .....	177
6.13.	Medidas de seguridad durante el desencofrado .....	179
6.14.	Criterios de diseño de encofrados y moldes .....	182
6.14.1.	Requisitos sobre encofrados y moldes .....	184
6.14.2.	Coeficientes de seguridad de los materiales de un encofrado .....	188
6.14.3.	Tolerancias exigibles en los encofrados .....	190
6.14.4.	Empuje del hormigón fresco sobre un encofrado .....	192
6.14.4.1.	Factores que influyen en la presión del hormigón fresco .....	193
6.14.4.2.	Métodos de cálculo de la presión del hormigón fresco .....	196
<b>Capítulo 7.</b>	<b>Cimbras.....</b>	<b>205</b>
7.1	Cimbras empleadas en edificación .....	207
7.1.1.	Los puntales en edificación .....	208
7.1.2.	Cimbrado, recimbrado, clareado y descimbrado de plantas consecutivas..	210
7.1.3.	Resistencia del hormigón para el descimbrado .....	217
7.2	Cimbras empleadas en la construcción de puentes.....	220
7.2.1.	Construcción <i>in situ</i> de tableros con cimbra completa apoyada.....	220
7.2.1.1.	Tipos de cimbras en la construcción de puentes <i>in situ</i> .....	221
7.2.1.2.	Cimentación de la cimbra de un puente losa.....	226
7.2.1.3.	Precauciones para el montaje de la cimbra de un puente.....	227
7.2.2.	Construcción <i>in situ</i> de tableros por vanos sucesivos .....	228
7.2.2.1.	Cimbras desmontables .....	230
7.2.2.2.	Cimbra móvil sobre ruedas o trasladable paso a paso.....	230
7.2.3.	Cimbras autoportantes o autolanzables .....	231
7.2.3.1.	Parámetros para seleccionar una cimbra autolanzable.....	234
7.2.3.2.	Elementos de una cimbra autolanzable.....	236
7.2.3.3.	Cimbras autolanzables frente a otros procedimientos constructivos .....	238
7.2.3.4.	Clasificación de las cimbras autolanzables .....	240
7.2.3.5.	Cimbras autolanzables bajo tablero .....	241
7.2.3.6.	Cimbras autolanzables sobre tablero .....	243
7.2.4.	Montaje con lanzadores de vigas .....	246
7.2.4.1.	Ejecución de puentes de vigas prefabricadas .....	246
7.2.4.2.	Lanzadores de vigas.....	247
7.2.4.3.	Construcción vano a vano mediante dovelas prefabricadas ....	249
7.2.5.	Avance en voladizo con dovelas prefabricadas.....	250
7.2.6.	Construcción con cimbra y autocimbra de puentes arco .....	253
7.2.6.1.	Construcción sobre cimbra .....	253
7.2.6.2.	Construcción con autocimbra .....	255
7.3	El proyecto de una cimbra.....	256
7.3.1.	Parámetros de diseño y seguridad en las cimbras .....	258
7.3.2.	Clases de diseño de cimbras según la norma UNE-EN 12812 .....	262
7.3.3.	El anejo y la guía de operación de una cimbra.....	263
7.3.4.	Requisitos de los cimientos de una cimbra .....	265

7.4	Precauciones específicas en seguridad relativas al montaje y desmontaje de cimbras y encofrados .....	269
7.5	Marco normativo en seguridad y salud de encofrados y cimbras .....	271
7.5.1.	Normativas básicas, leyes y reglamentos de obligado cumplimiento.....	272
7.5.2.	Normativas técnicas UNE.....	272
7.5.3.	Notas técnicas de prevención NTP .....	274
<b>Capítulo 8.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>275</b>
<b>Capítulo 9.</b>	<b>Cuestiones de autoevaluación .....</b>	<b>281</b>
	Respuestas.....	339
<b>Capítulo 10.</b>	<b>Problemas resueltos.....</b>	<b>343</b>
<b>Capítulo 11.</b>	<b>Índice temático.....</b>	<b>381</b>

**01**

**Estructuras auxiliares  
y desmontables.  
Concepto y clasificaciones**



La norma UNE 76501 *Estructuras auxiliares y desmontables. Clasificación y definición*, define una estructura auxiliar y desmontable como aquella que “sirve para ayudar a una obra o para una utilización pública provisional y cuya construcción puede deshacerse total o parcialmente sin inutilizar sus elementos”. Estos elementos (Figura 1.1) se pueden clasificar atendiendo a su función, su naturaleza, por sus elementos constituyentes o por su sistema de sustentación.

La Figura 1.2 presenta una clasificación de las estructuras auxiliares y desmontables según la aplicación a la que están destinados. Se distinguen los andamios de obra o de utilización pública, las cimbras y apeos, los apuntalamientos y entibaciones, las estructuras para cerramientos cubiertos y otras estructuras diversas.

Los andamios de trabajo se diseñan para soportar el peso de los operarios, de las herramientas y de los materiales necesarios en la construcción. El andamio de servicio facilita el



Figura 1.1. Andamio como estructura auxiliar y desmontable.

Fuente: <https://www.cubiequipos.com/que-es-un-andamio>

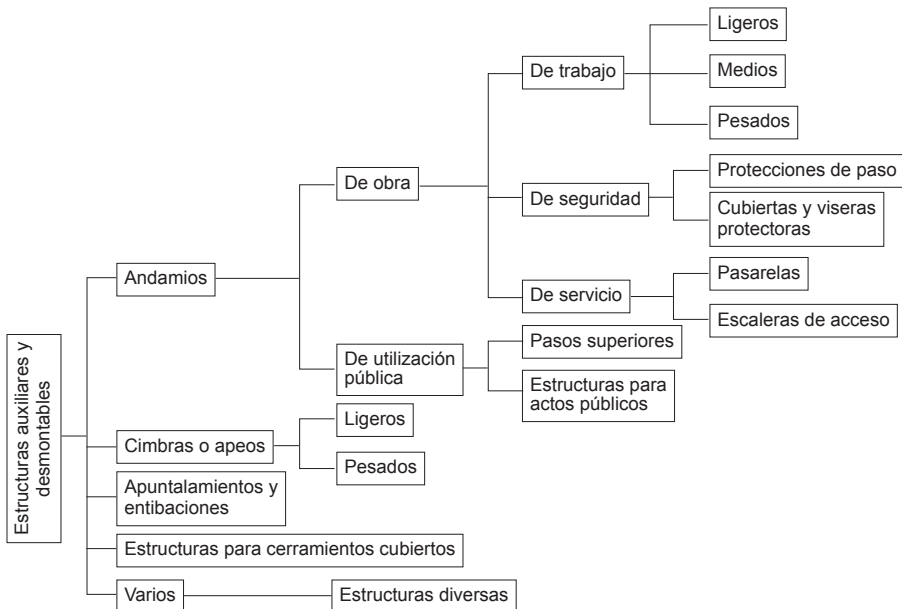


Figura 1.2. Clasificación de las estructuras auxiliares y desmontables según su función (UNE 76501).



tránsito de operarios y materiales a diferentes áreas de construcción, así como el acceso a niveles de trabajo a diferentes alturas. Las cimbras y los apeos son estructuras temporales que sostienen un elemento estructural mientras se está construyendo, hasta que alcance la resistencia necesaria. El apuntalamiento se utiliza como soporte adicional o refuerzo de una estructura ya construida. La entibación sostiene las excavaciones que presentan riesgo de colapso, como zanjas o túneles. También entran dentro de las estructuras auxiliares y desmontables las estructuras para cerramientos cubiertos, diseñadas para alojar personas, materiales o instalaciones, como pabellones o barracones, proporcionando un espacio cubierto, y estructuras diversas como pantallas de publicidad, torres para antenas y similares.

En la Figura 1.3, se muestra la clasificación de estas estructuras de acuerdo al material del cual están compuestas. Estos materiales son metálicos, fundamentalmente acero y aluminio, de madera o de otros materiales. No obstante, se pueden dar combinaciones de las anteriores, con lo cual se tendrían estructuras auxiliares mixtas.

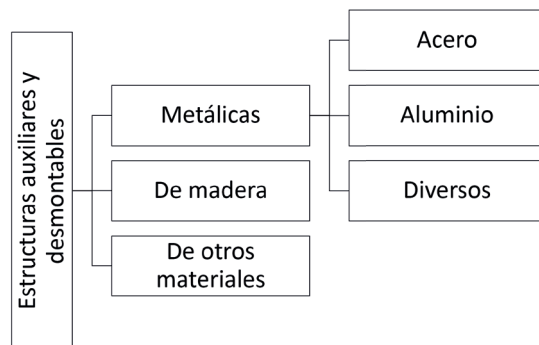


Figura 1.3. Clasificación de las estructuras auxiliares y desmontables por su naturaleza (UNE 76501).

Por sus elementos constituyentes, las estructuras auxiliares y desmontables se clasifican en simples y prefabricadas. Son simples cuando están compuestas por elementos individuales, como tubos, grapas, elementos de unión y otras piezas necesarias para crear el conjunto. En cambio, se consideran prefabricadas cuando prevalecen los elementos compuestos que se ensamblan mediante diversos sistemas para formar la estructura deseada. Los elementos compuestos están formados a partir de piezas sueltas mediante uniones o dispositivos de unión fijados permanentemente, de forma que todas o algunas de las dimensiones de la estructura quedan determinadas previamente.

Finalmente, en la Figura 1.4 se muestra una clasificación adicional basada en su sistema de sustentación. Estas estructuras pueden ser apoyadas si descansan directamente sobre el terreno o sobre otra estructura, colgadas cuando están suspendidas de otra estructura sin cargar el suelo, y en voladizo si se extienden fuera del plano vertical de sus anclajes. En todos estos casos, estas estructuras pueden ser tanto fijas como móviles.

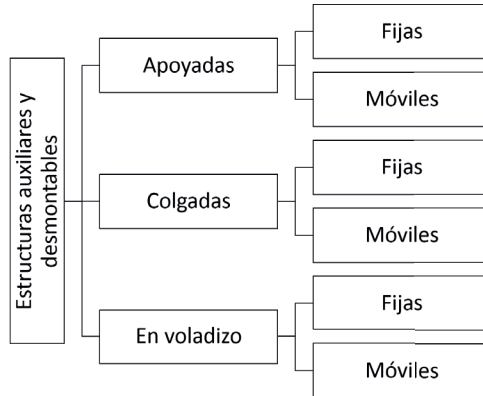


Figura 1.4. Clasificación de las estructuras auxiliares y desmontables por su sistema de sustentación (UNE 76501).



# Apeos y apuntalamientos

## Contenidos del capítulo

2.1 Introducción a los apeos y apuntalamientos	9
2.2 Apeo de fachadas para el vaciado de edificios: estabilizadores de fachada	15
2.3 El apeo de urgencia	18
2.4 Sostenimiento de un muro pantalla	20
2.5 Tablestacas arriostradas con puntales	23



## 2.1. Introducción a los apeos y apuntalamientos

Una construcción, nueva o existente, puede presentar problemas de estabilidad y resistencia o que esté prevista su demolición. En cualquier caso, es fundamental contar con una estructura provisional que garantice su estabilidad (Figura 2.1). Este medio auxiliar, comúnmente conocido como apeo o apuntalamiento, desempeña un papel crucial en la seguridad estructural.

Una estructura puede peligrar por colapso ante sucesos como terremotos, explosiones, impactos, hundimientos, incendios, inundaciones, vientos fuertes, grandes nevadas, excavaciones próximas u otras situaciones. A veces las estructuras “avisan” con la aparición de grietas, desprendimientos, etc.; otras, en cambio, el colapso es casi instantáneo. Ante estas situaciones, los apeos y los apuntalamientos permiten ganar cierto tiempo mientras se toman medidas para el rescate de personas o bien para el refuerzo definitivo de la estructura o del terreno (entibaciones). Aunque son términos parecidos, es interesante resaltar las diferencias entre los apeos y los apuntalamientos. Se trata de estructuras auxiliares que se instalan, con carácter temporal, para ayuda o complemento en la ejecución o mantenimiento de los elementos constructivos de una estructura durante la ejecución de una obra —andamios, encofrados, entibaciones, etc. — o bien en situaciones de emergencia.



Figura 2.1. Detalle del apuntalamiento de un forjado de madera.

Fuente: <http://www.ite-arquitectos.com>

La Real Academia de la Lengua establece que *apear* es “sostener provisionalmente con armazones, maderos o fábricas el todo o parte de un edificio, construcción o terreno”, mientras que *apuntalamiento* es la “acción y efecto de apuntalar”, es decir, “poner puntales” o bien “sostener, afirmar”. La norma UNE 76501 define apuntalamiento como “estructura auxiliar y desmontable que sirve para soportar o reforzar una obra ya construida”. En principio, la diferencia básica consiste en que se apea en una reparación, reforma, excavación, demolición o por cualquier situación que así lo aconseje formando parte de los procedimientos constructivos, mientras que se apuntala con carácter de urgencia para evitar el hundimiento, colapso o derrumbamiento. Por ejemplo, los bomberos hablan de apuntalamientos de emergencia cuando ejecutan sus trabajos (Figura 2.2).





Figura 2.2. Apuntalamiento de emergencia.

Fuente: <https://www.servicioemergencia.es>

Si bien la diferencia entre ambos términos es muy sutil, es la urgencia lo que permite distinguir ambos conceptos. Así, el apuntalamiento presenta un carácter de urgencia mayor al del apeo. El apeo forma parte de los procedimientos constructivos programados y planificados con tiempo y, en consecuencia, requeriría un mayor esfuerzo y tiempo para su ejecución. En ambos casos, estos medios auxiliares deben estabilizar una estructura o un terreno el tiempo suficiente para rescatar personas o para reparar un elemento dañado. Esta estabilización puede de-

berse a un riesgo sobrevenido (apuntalamiento) o bien a una actuación planificada y controlada (apeo). Aquí cabe desde el apeo de una mina en explotación hasta el apeo o apuntalamiento de un edificio en situación de riesgo por hundimiento. Son elementos para garantizar el rescate de personas atrapadas bajo los escombros, por ejemplo, tras un terremoto, o bien para asegurar un edificio con daños que permita su uso hasta la resolución definitiva de las patologías existentes.

Existen diversos tipos de apuntalamientos, cada uno con un propósito específico: los apuntalamientos de descarga se utilizan para reparar la cabeza de las viguetas en un forjado de madera; los apuntalamientos de seguridad son necesarios para sostener todos los forjados de un edificio antes de su demolición, elemento por elemento; los apuntalamientos de refuerzo se aplican en forjados con una excesiva flecha; y, por último, los apuntalamientos de estabilización se emplean para respaldar un muro resistente de fachada que debe mantenerse hasta que se construyan los forjados que lo arriostrarán. Cada tipo de apuntalamiento cumple una función crucial en la seguridad y estabilidad de la estructura.

Además de la urgencia, podría enfocarse la diferencia entre apuntalamientos y apeos de otra forma. Así, los apuntalamientos transmiten normalmente las cargas a una zona inferior mediante elementos colocados en posición vertical con elementos denominados puntales, enanos, virotillos o pies derechos, mientras que los apeos transmitirían las cargas por elementos inclinados denominados jabalcones, tornapuntas, codales o tirantes.

El apeo consiste en un sistema de equilibrio de fuerzas compuesto por los elementos de apeo y los propios de la estructura que se está apuntalando.

El apeo se refiere al sistema estructural acoplado a una construcción existente para complementar o reemplazar una estructura de manera provisional mientras se realizan obras de reparación o demolición en dicha construcción (Figura 2.3). Se distingue entre los sistemas de refuerzo y los sistemas de apeo, pues los

elementos estructurales empleados en el refuerzo se integran permanentemente en la estructura reforzada. El refuerzo se considera una solución definitiva para un edificio dañado, debiendo garantizar tanto la estabilidad estructural como la funcionalidad. Sin embargo, algunos elementos tradicionales de apeo pueden convertir este sistema en una solución de refuerzo.

Un apeo debe asegurar la estabilidad y, en algunos casos, la funcionalidad de una construcción dañada mientras se implementa una solución definitiva a sus deficiencias. La acción a tomar dependerá de si se repara, reconstruye o demuele la estructura. El plan de apeo puede requerir varias etapas de ejecución, incluyendo una fase de emergencia, a corto plazo y a largo plazo. No obstante, existen sutiles diferencias entre los propios apeos y los apuntalamientos si se atiende a la urgencia en su uso.

En algunos casos, el apeo se limita a garantizar la seguridad de los operarios mientras se implementa un apeo permanente o más complejo que requiere más tiempo tanto para su ejecución como para el suministro de los elementos necesarios. En la Figura 2.4 se observa una estructura temporal de estabilización de fachadas.

Un sistema de apeo complementario aborda las deficiencias de seguridad que puede presentar una estructura deteriorada, permitiendo que siga cumpliendo su función. Este sistema se compone de elementos de apeo adicionales y de los propios de la estructura apuntalada. Su objetivo es garantizar su seguridad, pero no se utiliza para reemplazar sus elementos estructurales. Este sistema no es independiente, sino que se integra, al igual que el refuerzo, dentro de la propia estructura.



Figura 2.3. Apeo de un edificio en Valencia.

Fuente: <https://derribosdegeser.es/apeos-y-refuerzos-estructurales>

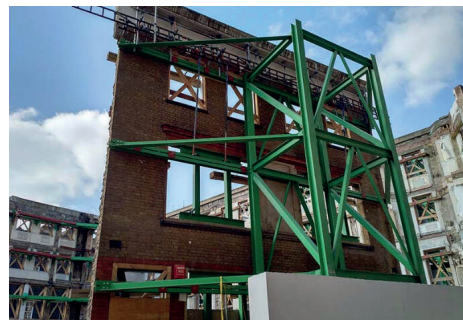


Figura 2.4. Estabilización de fachadas.

Fuente: <https://www.linkedin.com/in/francisco-sancho-martinez-968a6b228/>

Por el contrario, un sistema de apeo supletorio se presenta como una estructura alternativa. Al entrar en carga, permite sustituir aquellos elementos de la estructura dañados. Esto implica ejecutar diversas operaciones auxiliares, como la perforación en elementos verticales y horizontales, dar continuidad a los apeos e identidad como una estructura autónoma. Esta solución es más costosa en comparación con los apeos complementarios.

Es posible clasificar las estructuras provisionales utilizadas en la construcción, refuerzo o demolición de estructuras según los criterios que pueden verse en la Figura 2.5.

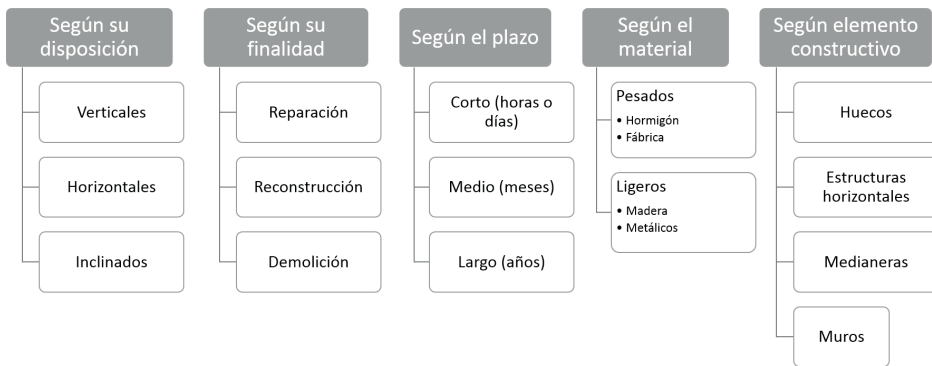


Figura 2.5. Criterios de clasificación de los apeos y apuntalamientos.

Los apeos o apuntalamientos pueden ser verticales, horizontales e inclinados según su disposición. Los verticales recogen cargas horizontales y las transmiten a una base resistente. Los horizontales contrarrestan momentos de vuelco en elementos verticales, mientras que los inclinados gestionan cargas distribuidas y momentos de vuelco. Los apuntalamientos inclinados son los más complejos debido a la descomposición de fuerzas en la transmisión de cargas, tendiendo a desplazarse de su punto de instalación. Los componentes de cada tipo se recogen en la Figura 2.6.

La disposición de los apeos o apuntalamientos depende de los objetivos pretendidos. Un apeo debe recibir y transmitir la carga hasta un soporte, distribuyéndola de nuevo. Además, el apeo contrarresta los momentos de vuelco con otros opuestos de igual o mayor magnitud. Estos principios determinan la estructura básica de un apeo, que incluye un elemento horizontal para cargar o sopanda, una pieza vertical u horizontal llamada pie derecho para transmitir la carga axial y un durmiente o marrano que convierte la carga del pie derecho en otra repartida en el soporte resistente. Los puntales o pies derechos deben colocarse a plomo, permitiendo una inclinación inferior a 2 mm por metro. Se puede observar esta composición en la Figura 2.7.

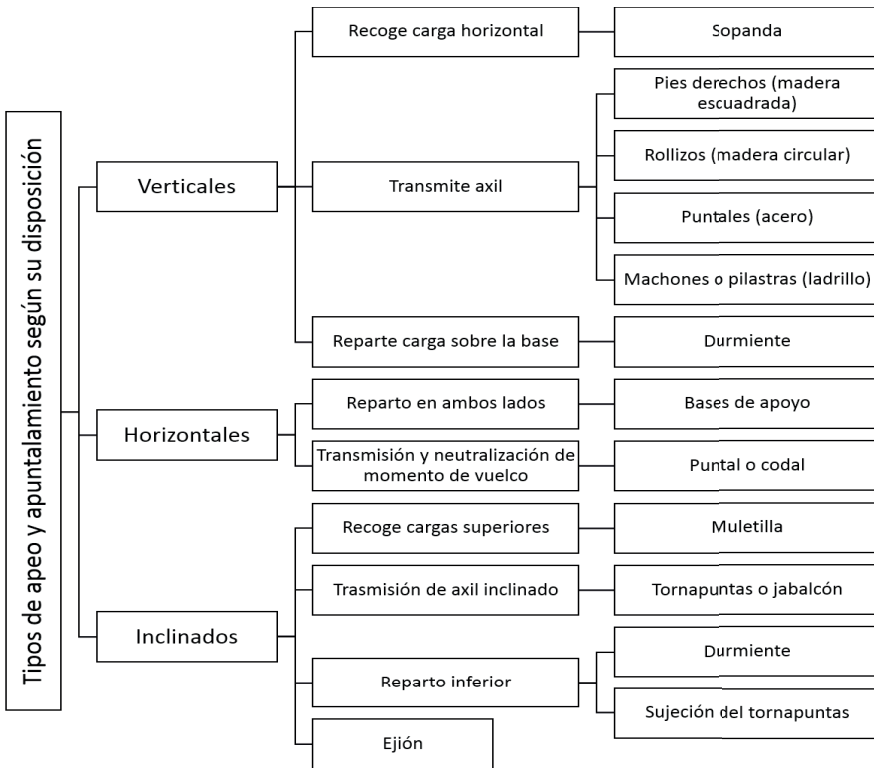


Figura 2.6. Tipos de apeos y apuntalamientos según su disposición.

Los materiales utilizados en un apeo o apuntalamiento deben ser resistentes, durables y económicos. En este sentido, se consideran diferentes materiales según las circunstancias. La madera se utiliza en situaciones de urgencia, de menor envergadura o altura, requiriendo piezas con aristas sanas y regulares, presentando diversas formas como rollizo, tabla, tabloncillo o tablón. El acero es adecuado para cargas elevadas y apeos a gran altura, pudiendo ser perfiles laminados con uniones soldadas o con tornillería. Los ladrillos resistentes son muy estables y resistentes a las condiciones climáticas, utilizados principalmente en el cierre de huecos de fachada, aunque requieren tiempo de fraguado del mortero para adquirir resistencia. Los ladrillos macizos o perforados con mortero de cemento son comunes, aunque ocasionalmente se emplean ladrillos huecos para cargas menores, como el cierre de huecos de fachada.

Los apeos o apuntalamientos se clasifican según el elemento constructivo al que prestan servicio. Existen numerosos tipos, cada uno adecuado para las diferentes partes del edificio que se deseen apuntalar, ya sea construido o en proceso de construcción. Estos se pueden agrupar de la siguiente forma:



Figura 2.7. Componentes de un apeo/apuntalamiento.

Fuente: [https://fotos.habitissimo.es/foto/apeo-de-estructura-con-madera-3m\\_155425](https://fotos.habitissimo.es/foto/apeo-de-estructura-con-madera-3m_155425)

▶ Apeos de huecos: destinados a pasajes o aberturas de iluminación y ventilación en muros, fachadas o espacios interiores. Al diseñarlos, se considera si se debe mantener el acceso a través del hueco, si se requiere corregir deformaciones en el dintel superior o si se apuntala para crear nuevas aberturas, especialmente en plantas bajas comerciales.

▶ Apeos de elementos estructurales horizontales: utilizados en vigas, zunchos, dinteles o forjados, se utilizan en caso de fallos estructurales, agotamiento o sobrecarga prevista. En el primero, se colocan donde los momentos flectores se anulan para no afectar la deformación. En el segundo, se distribuyen puntales para soportar la carga superficial, y la carga se transmite a una base resistente, sin importar su ubicación.

▶ Apeos de medianeras: se emplean al demoler una edificación entre medianeras compartidas para evitar el colapso progresivo de los edificios adyacentes.

Si las vigas de madera apoyan en ambas medianeras, se sugiere mantenerlas durante el derribo hasta su reconstrucción. En ausencia de esta opción, se utilizan vigas de celosía con gran luz o puntales telescópicos especiales para el apeo de forma segura.

▶ Apeos de muros: varían según el tipo de muro y la causa de la patología. Para muros de contención de tierras, como muros pantalla, se requiere un apeo horizontal durante su construcción y hasta que se completen los forjados horizontales para contrarrestar el momento de vuelco. Los muros de carga en fachadas, afectados por sobrecargas, agotamiento o hundimiento de la cimentación, se apuntalan durante las reparaciones o hasta su demolición. Los estabilizadores de fachada se emplean cuando el muro de carga está en buen estado, pero debe mantenerse en pie durante la demolición del edificio, absorbiendo el momento de vuelco causado por el viento hasta que se construya la nueva estructura.

En cualquier caso, un apeo o un apuntalamiento debe ser estable y resistente ante las cargas que deben transferir, además, su montaje debe ser simple y rápido, y debe garantizar la seguridad de las personas. Estas estructuras auxiliares



constituyen un sistema de equilibrio de fuerzas con los elementos propios de la estructura apeada o apuntalada. Su provisionalidad no exime de tomar precauciones, debiéndose realizar los cálculos estructurales y demás comprobaciones necesarias para garantizar la estabilidad y la seguridad de las personas y de las estructuras y terrenos que sostienen.

## 2.2. Apeo de fachadas para el vaciado de edificios: estabilizadores de fachada

La protección del patrimonio arquitectónico considera no solo el valor intrínseco de un edificio, sino también los valores que aporta al espacio público, especialmente la imagen exterior que ofrece la fachada. Las normas urbanísticas municipales muchas veces obligan a preservar dicha fachada y permiten demoler y reconstruir el resto de la estructura. Este es un proceso complejo que precisa del uso de apeos específicos que garanticen la seguridad y la estabilidad de estas fachadas mientras se procede a la demolición y reconstrucción del resto del edificio (Figura 2.8).

En los últimos años, se han incrementado este tipo de intervenciones, por lo que estos apeos han llamado la atención y ha crecido la sensibilidad para que su empleo sea seguro. Estas estructuras de apeo, aunque sean temporales, deben proyectarse, calcularse y ejecutarse con el mismo nivel de detalle que cualquier otro tipo de estructura permanente. Además, es fundamental estudiar en detalle un elemento tan relevante que, a menudo, se ha visto afectado por alteraciones o daños significativos al sustentarse en condiciones no previstas.

Existe actualmente una continua mejora en estas intervenciones. Se refleja tanto en el cuidado con el que se resuelve el problema, empleando sistemas tradicionales de soporte mediante estructuras tubulares interconectadas, como en el aumento de intervenciones basadas en perfiles laminados diseñados específicamente para este propósito. Además, se han introducido en el mercado sistemas industrializados para estos apeos.



Figura 2.8. Apeo de fachada (Valencia).

Fuente: <https://derribosdegesar.es/apeos-y-refuerzos-estructurales>





Figura 2.9. Sistema de estabilización de fachada interior.

Fuente: <https://www.incyte.com/estabilizadores-de-fachada/interiores/>

La estabilización del interior de la fachada (Figura 2.9) se consigue mediante una estructura modular compuesta por vigas y tensores conectados mediante uniones atornilladas. Este sistema cuenta con diferentes niveles de correas y puntales que unen los muros y solidarizan el movimiento entre ellos. Es importante que estos muros soporten las cargas horizontales a las que estarán expuestos, pues la función del arriostramiento es asegurar una conexión sólida entre ellos, para que trabajen de manera conjunta. Esta conexión compatibiliza los desplazamientos horizontales entre el conjunto

de muros y rigidizadores. Como resultado, parte de la carga se deriva hacia los otros muros arriostrados, lo que disminuye significativamente la tensión sobre el muro en estudio. Esta solución reduce el riesgo de deformaciones y fisuraciones excesivas, contribuyendo a una mayor durabilidad y seguridad de la estructura.

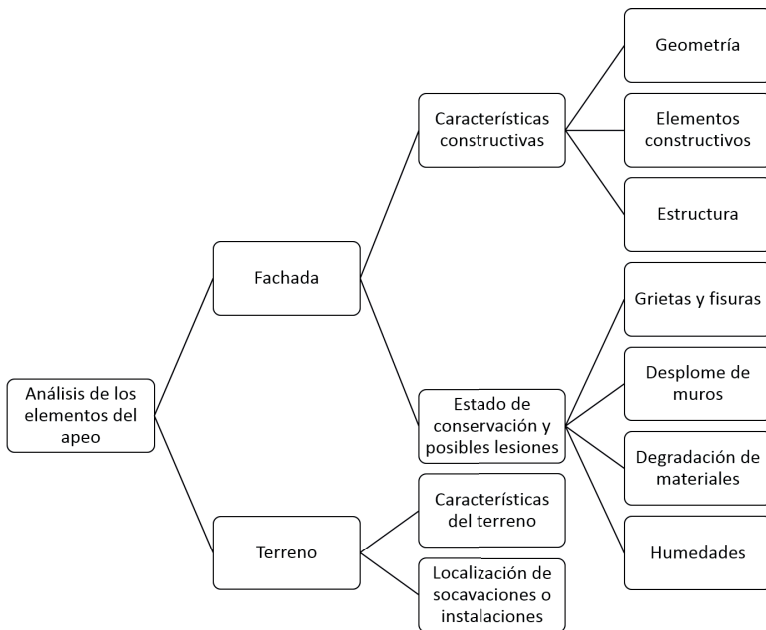


Figura 2.10. Análisis de los elementos sobre los que actuará el apeo.



Figura 2.11. Diseño del apeo.

El proceso de apeo de la fachada involucra varias fases. En primer lugar, es importante conocer previamente los elementos afectados por el apeo, lo que abarca tres aspectos esenciales: las características constructivas de la fachada y su relación con el resto del edificio, el estado de conservación y posibles daños, así como un estudio detallado del suelo y subsuelo donde se asentará el apeo (Figura 2.10).

La siguiente etapa implica definir el propio apeo y establecer las medidas de seguridad necesarias, atendiendo a las particularidades de la fachada y las lesiones presentes, considerando las acciones, así como aspectos generales relacionados con la estabilización, como excentricidades de carga, pandeo, fuerzas del viento y sismicidad (Figura 2.11).

Por último, la ejecución de las obras incluye medidas preliminares, como calado de forjados y tabiques para permitir el paso de elementos del apeo, junto con la implementación de apuntalamientos y consolidaciones

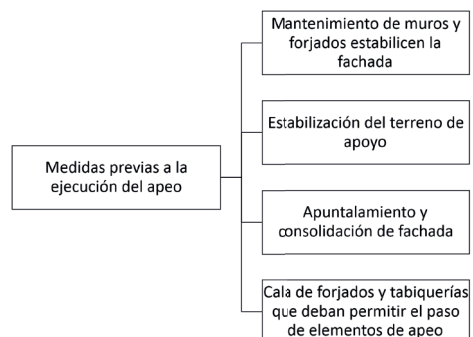


Figura 2.12. Medidas previas a la ejecución del apeo.



Figura 2.13. Apeo en fachada (Ayora).  
Fuente: V. Yepes.

específicas según el estado de la fachada (Figura 2.12). Posteriormente, se construye la estructura de soporte de la fachada, se demuele el interior del edificio y, por último, se vincula el nuevo edificio de forma segura a la fachada antigua. En la Figura 2.13 se muestra un apeo de fachada en Ayora (Valencia).

### 2.3. El apeo de urgencia

Los apeos de urgencia deben evitar el colapso repentino de una estructura dañada y garantizar la seguridad de los operarios (Figura 2.14). Dado lo peligroso del trabajo, es necesario utilizar elementos fabricados con materiales ligeros, de rápida entrada en carga y fáciles de ensamblar. En esta etapa de la actuación, los apeos telescópicos metálicos son los más adecuados, aunque

también se emplean apeos ligeros de madera o metal. Asimismo, existen puntales con sistemas hidráulicos y neumáticos con bloqueo que permiten un “apuntalamiento remoto”. Sin embargo, no suponen una solución de apeo definitiva.

La principal diferencia entre un apeo de emergencia y uno programado radica en que, en el primer caso, no es posible realizar un estudio detallado de la distribución de cargas en la estructura ni diseñar el apeo de manera adecuada debido a la limitación de tiempo. Sin embargo,

las condiciones técnicas deberían ser similares, lo que implica que el apeo de urgencia debe ser rápido y sencillo, permitiendo mejoras o extensiones posteriores en otras áreas o bajo otros criterios.



Figura 2.14. Rescate urbano.  
Fuente: UME Ministerio de Defensa España.  
<https://rescateurbanousar.wordpress.com/category/apuntalamiento/>

Se recomienda que el apuntalamiento de urgencia sea compatible con la reparación o sustitución del elemento dañado. Para ello debe preverse si los trabajos futuros serán de reparación o sustitución, así como la técnica que se empleará. La tarea puede resultar

**Para seguir leyendo, inicie el  
proceso de compra, click aquí**