



# SISTEMAS DE ENCOFRADO

**Análisis  
de soluciones técnicas  
y recomendaciones  
de buenas prácticas  
preventivas**



Esta versión digital forma parte de la Biblioteca Virtual de la Consejería de Empleo, Turismo y Cultura de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma

[www.madrid.org/culpubli](http://www.madrid.org/culpubli)  
[culpubli@madrid.org](mailto:culpubli@madrid.org)



## **Sistemas de encofrado: análisis de soluciones técnicas y recomendaciones de buenas prácticas preventivas**

Primera Publicación año 2011

### **Equipo de desarrollo y redacción del presente estudio:**

**Mercedes Garrido Rodríguez**, Técnico del IRSST de la Comunidad de Madrid

**Manuel Bartolomé Alonso**, Técnico del IRSST de la Comunidad de Madrid

**Carlos Arévalo Sarrate**, ETSICCP de la UPM

**Luis Charro Blanco**, I+D, Ingeniería y Prevención de Riesgos SL

**José Pablo Pascual del Valle**, AJP, Asesoría Técnica y Jurídica de Prevención SL

### **Editan:**

Fundación Agustín de Betancourt de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo  
Consejería de Educación y Empleo  
Comunidad de Madrid

Depósito Legal: M-1337-2012

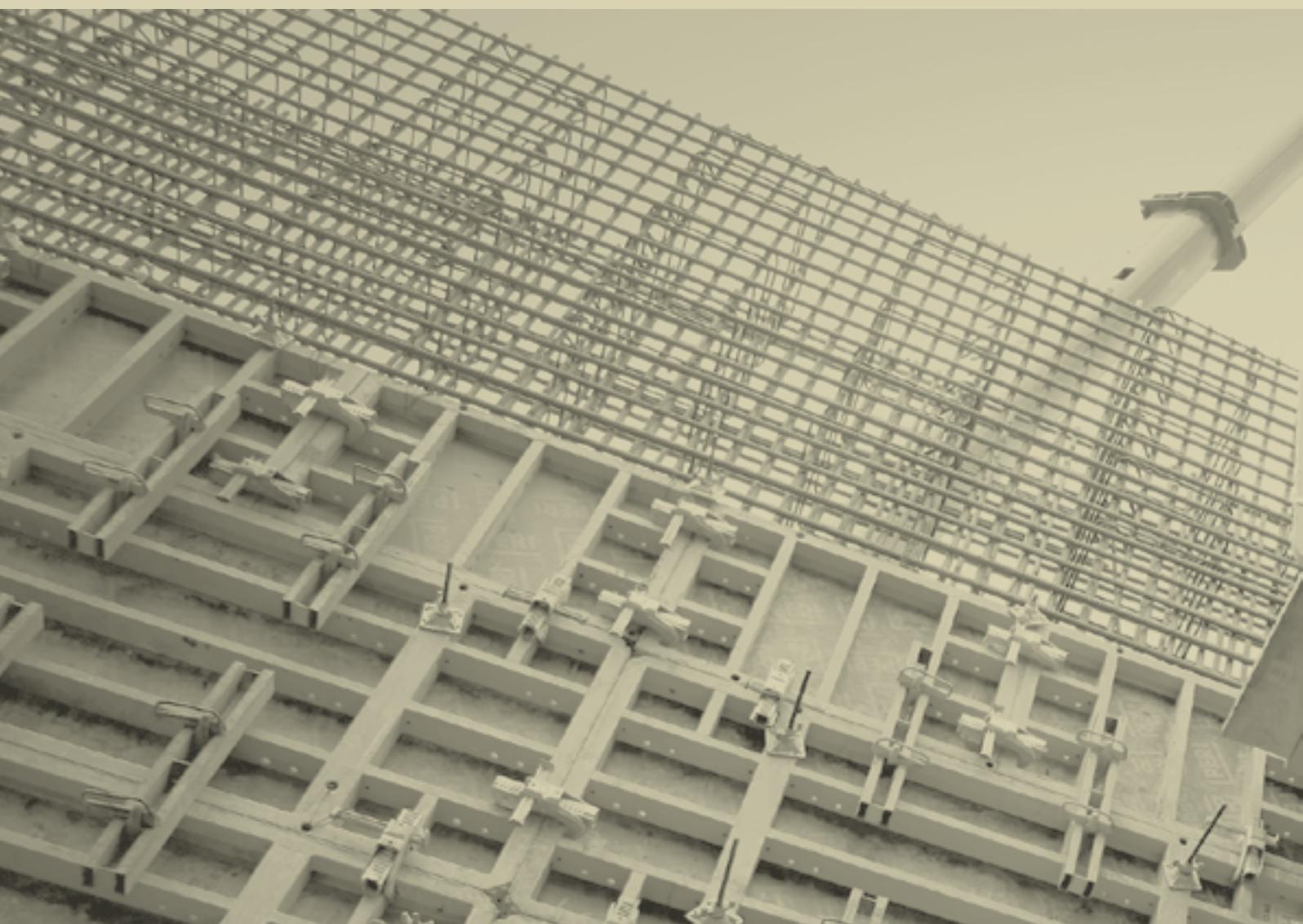
Imprime: Gráficas Duval, S.L.

Impreso en España - Printed in Spain

El Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo, colabora en esta publicación en el marco del III Plan Director de Prevención de Riesgos Laborales de la Comunidad de Madrid 2007-2011 y no se hace responsable de los contenidos de la misma ni de las valoraciones e interpretaciones de sus autores. La obra recoge exclusivamente la opinión de su autor como manifestación de su derecho de libertad de expresión.

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> - - - - -	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ESTUDIO GENERAL DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO</b> - - - -	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>RECOMENDACIONES GENERALES A CONSIDERAR EN LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE ENCOFRADO</b> - - - - -	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES</b> - - - - -	<b>85</b>
<b>ANEXO</b>	<b>EJEMPLOS DE PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGUROS EN DIFERENTES SISTEMAS DE ENCOFRADO</b> - - - - -	<b>89</b>



# 1

## INTRODUCCIÓN





# 1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA PUBLICACIÓN

La utilización de encofrados en las obras de construcción engloba un amplio y diverso conjunto de actividades que se suceden a lo largo de las diferentes fases y etapas de las mismas. Así, en cualquiera de sus versiones, resulta frecuente su uso en labores relacionadas con la ejecución de todo tipo de estructuras (edificación, puentes y viaductos, depósitos, muros...) extendiéndose su utilización a otras fases tan diversas como las de ejecución de drenajes o de acabados. Dicha utilización, frecuente e intensiva en la mayor parte de las obras, se ve caracterizada por unos **considerables niveles de riesgo** derivados, con carácter general, de las condiciones de trabajo que exige su montaje, utilización y desmontaje. Así, resultan inherentes a dichas actuaciones **los riesgos**, a menudo catalogados reglamentariamente como de especial gravedad, asociados a los **trabajos en altura, a la manipulación y desplazamiento de elementos pesados o derivados de la superposición de trabajos en la misma zona de trabajo**.

Adicionalmente, se debe constatar la **enorme variedad de dispositivos y sistemas** que quedan englobados bajo la denominación genérica de «*encofrados*» y la diversidad de la problemática que plantea su utilización en las obras cuando, además, buena parte de dicha problemática se ve claramente influenciada por las condiciones generales de ejecución existentes en las mismas cuando no, directamente, por la concurrencia con otras actividades y procesos en ejecución.

De esta manera, dichos **factores externos** unidos a los relacionados con las diferentes **fases de trabajo** de todo sistema de encofrado (transporte y acopio- montaje- ferrallado y hormigonado- desencofrado y desmontaje) acaban por configurar un complejo conjunto de aspectos que deben ser considerados y resueltos desde la óptica preventiva desde las **etapas previas de planificación, diseño y programación de los trabajos**.

Todo ello, unido a los elevados **niveles de siniestralidad** tradicionalmente vinculados a la ejecución de estas actividades y a la potencial y real gravedad de los accidentes sobrevenidos en las mismas, aconsejan un **estudio**

**detallado y específico de la problemática preventiva derivada de su utilización.**

En base a dicha situación, el presente estudio técnico pretende aportar **información, soluciones técnicas y recomendaciones de buenas prácticas** que puedan ser consideradas y aplicadas por los técnicos y expertos que, desde la etapa de proyecto, analizan, estudian, diseñan y, finalmente, ejecutan actividades y unidades constructivas que exigen la **utilización de sistemas de encofrado**. Esta última denominación se considera la más apropiada pues empieza por introducir desde su propia definición una primera idea preventiva consistente en que, independientemente de la magnitud y particularidades de la actividad a ejecutar, se habrá de recurrir de manera obligatoria a la utilización de **sistemas completos** evitando el habitual recurso del empleo de componentes aislados o de elementos artesanales y de fabricación propia.

Para llevar a cabo el análisis preventivo de tales sistemas de encofrado, se ha optado por seguir una estructura alineada con los objetivos del presente estudio, que son los siguientes:

## ESTUDIOS DE SISTEMAS DE ENCOFRADO

- ◆ **Análisis de escenarios: siniestralidad laboral y utilización de encofrados.**
- ◆ **Estudio preventivo de los manuales de instrucciones.**
- ◆ **Problemática habitual en el uso de los diferentes sistemas de encofrado.**
- ◆ **Buenas prácticas y sistemas innovadores.**
- ◆ **Ejemplos de procedimientos de trabajo seguros.**

Fig.1 - *Objetivos del estudio.*

Con todo ello, se pretende evitar la reiteración de medidas o aspectos ya conocidos y regulados de manera general tanto en la normativa vigente como en la bibliografía generalista de seguridad y salud en la construcción. Por el contrario, se busca lograr un **estudio completo y específico** de estos sistemas basándose en la idea clave de la **planificación previa** como única vía para lograr una mejora preventiva efectiva en su posterior montaje y utilización en obra. De esta manera, se pretende aportar una serie de **soluciones y buenas prácticas** para que desde la etapa de elaboración del **proyecto de la obra** y, sobre todo, en el necesario **análisis técnico y preventivo** a efectuar en cada actuación con **carácter previo** a su ejecución en obra, se logre evitar, o al menos controlar eficazmente, los principales riesgos asociados a la utilización de los sistemas de encofrado más habituales.



## 1.2. SISTEMAS DE ENCOFRADO Y SINIESTRALIDAD LABORAL: ANÁLISIS DE ESCENARIOS

La casuística de los accidentes ocurridos en las obras de construcción relacionados con la actividad de ejecución de encofrados es amplia y diversa y, normalmente, guarda relación con el tipo de encofrado y con el elemento constructivo (losas, pilares, muros,...) en los que se realiza esta actividad.

Por otro lado, la evolución en la creatividad del diseño de formas estructurales de hormigón en las obras civiles y, especialmente, de edificación conlleva un incremento en la complejidad de los encofrados que hace necesario un mayor esfuerzo en su **diseño y dimensionamiento** con el fin de lograr mejorar las condiciones de seguridad de su montaje, uso y desmontaje.

Sin entrar en casuísticas más concretas se analizan los accidentes más comunes que se han recopilado en esta actividad, sin tratar de asignar estos accidentes a una unidad de obra o de encofrado en concreto. Este análisis recoge, además de una descripción del **accidente y escenario tipo**, el análisis de las causas más habituales que dan lugar a este tipo de accidentes.

Todos los accidentes analizados corresponden a casos reales que se han producido en obras de construcción y están basados en la descripción que de los mismos han realizado las empresas en los partes o informes de accidente.

## ACCIDENTES E INCIDENTES PRODUCIDOS DURANTE LAS FASES DE MONTAJE, USO Y DESMONTAJE DE LOS ENCOFRADOS

### ACCIDENTE TIPO 1

#### GOLPES Y ATRAPAMIENTOS DURANTE LA MANIPULACIÓN DE PANELES DE EN COFRADO

##### Descripción del escenario

La manipulación de los paneles de encofrado se realiza con equipos de elevación de cargas, eslingándose habitualmente de un único punto a través de piezas especiales y específicas para cada tipo de encofrado y cada fabricante o suministrador.

Este accidente-tipo se produce cuando los trabajadores realizan un guiado manual del panel de encofrado suspendido, bien para su acopio, bien para su posicionamiento o retirada, y se produce un movimiento imprevisto del panel, **bien por el giro del mismo, o bien por el movimiento del equipo de elevación que lo manipula.**

##### Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa principal de este tipo de accidentes reside en el guiado manual de las cargas por parte del trabajador. Esta acción se debe a la falta de utilización en la mayor parte de los casos de **cuerdas guía para el guiado de los encofrados.**

Para evitar este tipo de accidentes debe **evitarse la presencia de trabajadores** en las proximidades de los paneles durante el movimiento con los medios mecánicos y hasta que el panel se encuentre en su posición de montaje o acopio.

Habría que considerar también, que gran parte de estos accidentes podrían evitarse si para paneles de grandes dimensiones se dispusiesen de **varios puntos de eslingaje**, reduciéndose en gran medida las posibilidades de giro del panel por efecto de golpes con objetos o, simplemente, por el efecto del viento.



Fig.2 - Eslingaje, movimiento y posicionamiento de encofrados

## ACCIDENTE TIPO 2

### GOLPES EN EL DESMONTAJE DE LOS PANELES DE ENCOFRADO

#### Descripción del escenario

Otros accidentes habituales, sobre todo cuando hablamos de pequeños encofrados, se producen en el desencofrado de paneles prefabricados de pequeñas dimensiones, como bordes de losas, muretes guía y pequeñas cimentaciones. En estos elementos se utilizan habitualmente modulaciones de 0,60 m \* 2,00 m.

El accidente se produce cuando el trabajador, utilizando el útil **tipo palanca (barra de uña)** se dispone a despegar el encofrado mientras, para facilitar el despegue, se tira del encofrado con el **equipo de elevación** (grúa móvil o grúa torre). Esta práctica, habitual en la obras, provoca el despegue expeditivo del encofrado y el golpeo al trabajador.



Fig. 3 - Desmontaje de paneles de encofrado.

#### Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa directa de este tipo de accidente es la presencia del trabajador en la zona de salida del encofrado, provocada por la acción simultánea de despegue con la uña y tracción con la grúa.

En este punto conviene recordar la habitual prohibición prevista para los equipos de elevación de utilizarse para realizar **tracción y tirones**. El procedimiento correcto debería pasar por el despegue previo del panel de encofrado para su posterior retirada con la grúa o el equipo de elevación.

Una causa secundaria de este tipo de accidentes radica en la falta o escasez de utilización de productos desencofrantes para este **tipo de encofrados no vistos y de pequeñas dimensiones**.

**ACCIDENTE TIPO 3****GOLPES Y ATRAPAMIENTOS EN EL DESENCOFRADO DE PANELES DE MUROS**Descripción del escenario

El análisis de este tipo de accidentes muestra varias variantes en la materialización de los mismos, cada una de ellas con condicionantes causales muy específicos, pero que en la mayor parte de los casos presentan consecuencias que han sido o han podido ser muy graves e incluso mortales ya que el peso de los paneles desprendidos es considerable.

En uno de los accidentes analizados, se estaba realizando el desencofrado de los muros por paños completos. El procedimiento previsto consistía en eslingar las chapas al gancho de la grúa que retiraba los encofrados antes de la retirada de los anclajes del paño.

Sin embargo, bajo esas condiciones se produjo una falta de coordinación entre el grupo de trabajo que gobernaba el eslingado a la grúa y el que retiraba los anclajes y los *dywidag* del otro lado del muro, de tal forma que quedó liberado un paño que no se correspondía con el **previamente eslingado al gancho de la grúa**. Cuando la grúa empezó a tirar, no retiró el encofrado, pero con el empuje arrastró el paño que sí se había liberado, el cual terminó cayendo y golpeando a un trabajador.

En este caso, el panel no aplastó al trabajador contra el suelo ya que quedó retenido por una cesta metálica empleada para el acopio de los elementos auxiliares de encofrado (*cangrejos*, *dywidag*, etc.).

En otro accidente similar, pero con consecuencias más graves, la descripción del mismo relata que el procedimiento que se estaba empleando consistía en soltar los arriostramientos de todos los paneles de un encofrado de un muro de unos 3 m de altura (paneles de aprox. 2,5 m\*3 m) retirando los *cangrejos*, barras *dywidag* y puntales y dejando un **único puntal** para mantener el panel en posición vertical para su retirada o descenso lento posterior con la grúa. Debido a una acción exterior no concretada se golpeó unos de los paneles ya libres o el puntal que lo sostenía, desplomándose el panel y cayendo sobre un trabajador.

Causas habituales de este tipo de accidentes

De los escenarios descritos, la primera consideración a realizar es que el proceso de desmontaje de un encofrado, como habitualmente se indica en todos los manuales y planificaciones preventivas, ha de ser **exactamente inverso al de montaje**. De esta forma, cuando de un panel se retiran los arriostramientos, éste debe ser **inmediatamente retirado** a una posición estable y acopiado, lo cual implica que para las tareas de desencofrado deben disponerse en obra de los medios necesarios.

En este sentido, para adelantar tiempo **no deben retirarse los arriostramientos y apeos si no se dispone en el momento de los equipos de elevación para retirar los paneles**.



Fig. 4 - Paneles de encofrados verticales en muros de edificación.

## ACCIDENTE TIPO 4

### GOLPE Y ATRAPAMIENTO EN EL ACOPIO DE PANELES FENÓLICOS DE ENCOFRADOS

#### Descripción del escenario

Los trabajos que se estaban realizando consistían en el acopio de paquetes de paneles fenólicos para el encofrado de la base de una losa sobre el terreno y la posterior excavación bajo losa (método denominado «*cut and cover*»). Uno de los paquetes de fenólicos, que contenía 42 tableros, se había acopiado cerca de la zona de trabajo sobre unos durmientes para su apoyo sobre el terreno. Cuando los encofradores retiraron el primer fleje de atado de los paneles, éstos empezaron a deslizarse. Los trabajadores, al ver que se desmoronaban los tableros intentaron contenerlos, y al no poder sujetarlos éstos cayeron, golpeando con los cantos en las piernas de un trabajador, al cual le provocaron la rotura de uno de sus tobillos.

#### Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa de este accidente se debe a que el acopio se realizó en una pequeña pendiente, sobre un terreno irregular que provocó una inclinación de los acopios. En este tipo de encofrados hay que tener en cuenta el escaso **rozamiento que hay entre los tableros, que están lacados por las dos caras**.

Como recomendación hay que recordar que los acopios deben realizarse **sobre superficies horizontales y estables**. Como se deduce de este accidente, dicha horizontalidad y estabilidad del terreno debe respetarse de forma estricta en el acopio de los paneles fenólicos de encofrado paletizados, ya que debido a la superficie pulida y lacada su deslizamiento resulta previsible.



Fig. 5 - Situación tras el desplome del paquete de encofrados fenólicos. Afección al cerramiento de obra.

**ACCIDENTE TIPO 5****CORTES Y PROYECCIONES POR SIERRAS DE DISCO EN SU UTILIZACIÓN EN ENCOFRADOS**

## Descripción del escenario

La **mesa con sierra de disco circular** es un equipo auxiliar empleado en la práctica totalidad de los trabajos de encofrado siendo, como se deduce de la gran cantidad de accidentes por cortes que se producen en su empleo, un equipo muy peligroso en las obras de construcción.

Muchos de los accidentes se producen cuando se realiza el corte de piezas de **tamaños excesivos** para lo que está diseñada (puntales de madera de dimensiones superiores a la apertura de la protección del disco), o cuando se emplea para realizar **cortes de pequeñas piezas** (tablas o cuñas) siendo necesaria una excesiva aproximación de las manos de los trabajadores al disco de corte.

El otro grupo de accidentes relacionados con las mesas de corte se debe a proyecciones, especialmente graves cuando afectan a los ojos, durante el corte de elementos de madera.



Fig.6 - Utilización de mesa de corte.

## Causas habituales de este tipo de accidentes

Las causas fundamentales de los accidentes por cortes en la utilización de la mesa de disco se deben a dos factores fundamentales:

- 1 Por un lado, la utilización de este equipo de trabajo por operarios con una formación no adecuada ó suficiente. Dada la evidente peligrosidad de este equipo, sus usuarios deben tener una **formación específica** y una experiencia y destreza contrastada en su manejo.
- 2 La otra causa fundamental se debe a la **utilización** de la mesa de corte **de forma incorrecta**, por varios motivos:

- ▶ Como hemos visto, por su utilización para **fines no previstos** o para los que este equipo resulta **poco adecuado** (corte de piezas de madera de tamaños no apropiados o maderas reutilizadas o con restos metálicos)
- ▶ Utilización de equipos sin un **mantenimiento adecuado**. El deterioro de los discos de corte, su fijación,... incrementa los riesgos en su utilización.
- ▶ Falta de utilización de los **empujadores**; elementos auxiliares que evitan la aproximación de las manos al disco de corte.
- ▶ Eliminación, retirada o falta de mantenimiento de las **protecciones del disco** de corte. Esta deficiencia suele asociarse a la carcasa móvil de protección de la parte superior, mientras que la carcasa inferior fija suele ser menos problemática. En muchos casos la retirada o no utilización de la protección superior está motivada por el empleo de la sierra para el corte de elementos de madera de tamaños superiores a los que permite la apertura de la protección.

Como recomendaciones habría que considerar además de lo deducido de las causas señaladas, la posibilidad de utilizar **equipos de trabajo más adecuados** para el corte de determinados elementos, como por ejemplo tronadoras manuales para cortes más finos. Asimismo, hay que considerar que pequeños elementos de madera como **las cuñas, se suministran ya cortados** en diferentes dimensiones.



Fig. 7 - Cuñas de madera paletizadas.

Por otro lado, para el resulta fundamental la protección facial o al menos ocular del operador de la mesa de corte, además de la correcta utilización de la carcasa superior que también reduce las proyecciones.

## ACCIDENTE TIPO 6

### CAÍDAS DE ALTURA EN EL MONTAJE DE ENCOFRADOS DE MUROS

#### Descripción del escenario

Este tipo de accidente se presenta durante el montaje de los elementos de arriostramiento entre los paneles de encofrado o durante el montaje a posteriori de los soportes para las plataformas de hormigonado. Los trabajadores suelen acceder al punto de trabajo sobre el encofrado mediante escaleras de mano, teniendo que utilizar posteriormente un arnés de seguridad que enganchan en algún elemento del encofrado al tener que realizar acciones que comprometen su estabilidad sobre la escalera de mano.

Para el enganche del arnés se suele utilizar una pieza conformada en forma de U con una argolla que se introduce en los taladros de las costillas de los encofrados, enganchándose posteriormente a ella el mosquetón del arnés.

En este contexto, la situación originada es, que debido a los movimientos del trabajador, en numerosas ocasiones dicha pieza en forma de U se sale de su posición, produciéndose la caída del trabajador desde la escalera.



Fig. 8 - Trabajo de montaje de elementos auxiliares en encofrados verticales desde escalera de mano y con empleo de arnés de seguridad.

#### Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa inicial de este tipo de accidentes se debe a la ausencia de un **sistema de seguridad** en la pieza que se introduce en los taladros de las costillas del encofrado.

Tradicionalmente, los sistemas de mosquetones como los de la imagen A de la figura 9 no tenían un radio de

curvatura ni unas dimensiones que permitiesen su introducción en la mayor parte de los taladros de los encofrados convencionales, por lo que las empresas y los encofradores recurrían a soluciones improvisadas en obra con acero conformado en el propio tajo.

Actualmente ya existen en el mercado **soluciones** para la problemática que se ha planteado y que disponen de un **sistema de cierre de seguridad** (imagen B), para poder utilizar el arnés de seguridad anclado a los encofrados.



Fig. 9 - Ganchos para arnés de seguridad. Taladros en las costillas de paneles de encofrado.

En todo caso, y como se verá en otros apartados de este documento, la puesta en práctica de procedimientos que exijan la utilización de equipos de protección individual debe limitarse a aquellas situaciones en las que no se puedan poner en práctica **soluciones técnicas** o procedimientos intrínsecamente seguros o se pueda disponer de una protección colectiva. Todo ello, siempre que **esté previsto y autorizado en el manual del fabricante**.

Para el caso analizado, **la disposición de plataformas de trabajo integradas** en cada nivel de encofrado permite el trabajo seguro de **implementación del encofrado** desde las propias plataformas.

**ACCIDENTE TIPO 7****CAÍDAS DE ALTURA EN EL MONTAJE DE ENCOFRADO DE FORJADOS**

## Descripción del escenario

El montaje de los encofrados de las losas de forjados requiere que, una vez se ha montado el apuntalamiento y las sopandas, se coloquen los paneles fenólicos de encofrado sobre las sopandas. Los accidentes descritos en este apartado se producen por la **caída de altura** de los trabajadores desde los **bordes de los entablados** (tanto en montaje como una vez finalizados), o en planta por **volteo de los tableros** durante la fase de montaje de los mismos, así como durante el **montaje de la ferralla** de la losa. Del mismo modo, en ocasiones **no existen** protecciones de borde o bien la efectividad de las mismas ha quedado anulada por la **altura de los elementos** (ferralla, viguetas, bovedillas, etc.) de la losa al no retranquearse a distancia suficiente las protecciones de borde del final de la losa o no utilizarse sistema de mayor altura.



Fig. 10 - Montaje de entablado de losa de forjado con utilización de arnés de seguridad.

## Causas habituales de este tipo de accidentes

Las causas de estos accidentes se deben, normalmente, a la **falta de protecciones colectivas** o a la **no utilización de la protección individual** prevista mediante arnés de seguridad durante los trabajos de montaje de los paneles del encofrado. En este sentido, existen múltiples soluciones entre las que se encuentra anclar los arneses a elementos retráctiles que impidan dichas caídas de altura.

Algunas caídas de altura se producen en las fases de armado de la losa o durante el hormigonado por la **pérdida de efectividad de la protección de borde** (habitualmente barandilla) como consecuencia de la disminución de altura debida al canto de la losa. En otras ocasiones la protección de borde no es efectiva debido a que los soportes se han montado mediante sargentos en el encofrado fenólico **no confirmando este procedimiento resistencia** a la protección de borde.

Del mismo modo, hay que hacer notar en este punto situaciones en las que para la fase de entablado **no se ha contemplado** la instalación, o ésta es **deficiente**, de sistemas que protejan ante un posible volteo de los tableros (normalmente redes bajo forjado).

## ACCIDENTE TIPO 8

### CAÍDAS AL MISMO NIVEL, CORTES Y PINCHAZOS CON BARRAS DE FERRALLA AUXILIARES

#### Descripción del escenario

Estos accidentes se producen durante los trabajos de encofrado de muros o losas en terrenos llanos en los que, para disponer de un soporte de reacción de apuntalamiento del encofrado se clavan en el terreno barras de tetraceros de armar sobre los que se apoyan los apuntalamientos y se atirantan los encofrados.

Estas barras provocan **caídas al mismo nivel**, y accidentes que suelen ser más graves como pinchazos y cortes con los extremos de las barras.



*Fig. 11 - Barras de tetracero introducidas en el hormigón de limpieza para apuntalamiento y atirantamiento de encofrados. Seta de protección para esperas de armadura.*

En la misma línea, y en etapas más avanzadas, este tipo de accidentes también se da **en la fase de armado** de forjados por **tropiezos con la armadura** motivados por la no existencia de zonas destinadas específicamente al tránsito de los trabajadores, las cuales deben estar habilitadas mediante elementos que impidan dichos tropiezos (por ejemplo, calles de tablonos de madera).

#### Causas habituales de este tipo de accidentes

Las caídas provocadas por estos elementos se deben a una **identificación, señalización y balizamiento no adecuada o inexistente de los mismos**.

Por otro lado, los extremos de estas barras deberían **protegerse** para evitar los pinchazos y los cortes.

Resulta conveniente mejorar estos sistemas **evitando disponer elementos punzantes a nivel del suelo** que por la actividad realizada generen riesgos graves de cortes o pinchazos.

**ACCIDENTE TIPO 9****CAÍDAS DE OBJETOS DESPRENDIDOS, PANELES DE ENCOFRADO DURANTE DESENCOFRADO**

## Descripción del escenario

Este tipo de accidente se produce durante los trabajos de **desencofrado de losas superiores** de estructuras cimbradas o apuntaladas (losas, puentes, forjados) o bien durante la retirada del encofrado fenólico tras la excavación bajo losa en un estructura de este tipo ejecutada por el método *cut and cover*.

Durante la realización de estos trabajos, no se completa la **retirada del encofrado** desapeado o al que se ha retirado el terreno de contención. Este encofrado, que se mantiene adherido al hormigón de la losa se **precipita** de forma inesperada en cualquier otra fase, bien de forma espontánea (pérdida de humedad y adherencia) o bien por acciones externas no directas, **golpeando a trabajadores** que se encuentran en las proximidades.

En el caso particular de las obras de **edificación**, este tipo de accidentes se producen debido al incorrecto método utilizado para retirar los elementos del encofrado, originando golpes a los trabajadores o derrumbes con consecuencias más graves.

Esta metodología consiste en el uso de elementos no específicos para los trabajos a realizar (puntales, cuñas, etc.), los cuales se usan a modo de ancla para tirar hacia abajo de las molduras de encofrado. La problemática de este procedimiento radica en la dificultad de predecir la dirección de caída que dichas molduras tomarán al tirar de ellas.

## Causas habituales de este tipo de accidentes

Como ya se ha indicado, la causa de este tipo de accidentes se debe por un lado a la falta de retirada del encofrado que, falsamente, parece estable adherido al hormigón; o bien al inadecuado método utilizado para realizar la retirada de los paneles de encofrado.

Para evitar que se produzcan y materialicen este tipo de accidentes se deben **retirar los paneles de encofrado a medida que se retira su material o elementos de soporte**, utilizando para ello los **medios y procedimientos que el fabricante ha diseñado** para estos trabajos.



Fig. 12 - Paneles de encofrado adheridos al hormigón y en excavación bajo losa. Desmontaje de encofrado de fondo en paso inferior.

## ACCIDENTES E INCIDENTES PRODUCIDOS POR FALLOS ESTRUCTURALES EN ENCOFRADOS

A continuación se incluyen una serie de accidentes e incidentes relacionados con los encofrados y las estructuras de las que forman parte, y que tienen su origen en fallos del encofrado y de la estructura como tal, bien durante su montaje, bien durante su puesta en carga.

Aunque se trata de fallos estructurales, dichos colapsos suelen provocar accidentes muy graves y, en la mayor parte de los casos, mortales como se deduce de los siguientes casos.

### ACCIDENTE TIPO 10

#### DESPLOME DE ENCOFRADO EN EL MONTAJE

##### Descripción del escenario

Los accidentes se producen por el golpe o aplastamiento de los trabajadores al **derrumbarse la estructura del muro** durante la fase o en el proceso de montaje, bien del propio encofrado, bien de la armadura.

Es habitual que una vez montado el encofrado de una cara, y haciendo éste las funciones de guía para el montaje de la armadura, se comience el montaje de la segunda cara mientras todavía se están disponiendo elementos de apuntalamiento del encofrado, lo cual provoca la presencia de trabajadores a ambos lados del montaje del muro con el riesgo de atrapamiento en caso de fallo de la estructura.

##### Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa de este tipo de accidente se debe principalmente a una **deficiencia técnica** consistente en la insuficiencia o deficiencia de apuntalamientos y arriostramientos durante el proceso de montaje del encofrado. De esta forma, no solamente deberá **garantizarse la estabilidad de la estructura formada por el encofrado y sus arriostramientos y apuntalamientos para su puesta en carga** (hormigonado) sino también **durante todas las fases de su montaje**.

Para dicho dimensionamiento deberán considerarse todas las acciones posibles, incluyendo el viento. En el montaje de la estructura de armado deberá tenerse en cuenta el proceso de montaje para garantizar la mayor rigidez posible del esqueleto metálico y que este no provoque empujes sobre el encofrado.



Fig. 13 - Desplome de encofrado y armadura con andamio en ejecución de muro.

**ACCIDENTE TIPO 11****REVENTÓN DEL ENCOFRADO VERTICAL DURANTE EL HORMIGONADO**

## Descripción del escenario

Estos accidentes se producen como consecuencia del fallo estructural del encofrado de los muros por el reventón, normalmente en la zona de la base, al realizar el hormigonado del muro.

Dependiendo de la altura de los encofrados este incidente puede no tener repercusiones en forma de accidentes pero, como normalmente ocurre en grandes muros (gran espesor que supone una altura importante), el colapso del encofrado puede afectar a la plataforma en la que estén situados los trabajadores para realizar el hormigonado generando un **grave riesgo de caída de altura**.

## Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa fundamental de este tipo de accidente estriba en la deficiente definición técnica de los **apuntalamientos o arriostramientos** o un deficiente o insuficiente montaje de los mismos.

Hay que tener en cuenta que la fuerza que provoca este empuje sobre los encofrados se debe al empuje hidrostático del hormigón, por lo que éste será mayor cuanto **mayor sea su densidad**, pero se reducirá con una mayor consistencia (es decir, menor fluidez). Sin embargo, para el buen acabado y hormigonado de los muros la consistencia del hormigón debe ser blanda o fluida.

La mayoría de los fabricantes y suministradores de encofrados definen las **condiciones de arriostramiento de los sistemas encofrados** para garantizar su resistencia, por lo que éstas deberán ser consideradas para su ejecución en la obra.

En consonancia con la circunstancia de que los mayores empujes del hormigón se producirán en la zona de la base del muro, ésta deberá ser la zona más sólidamente apuntalada y arriestrada.

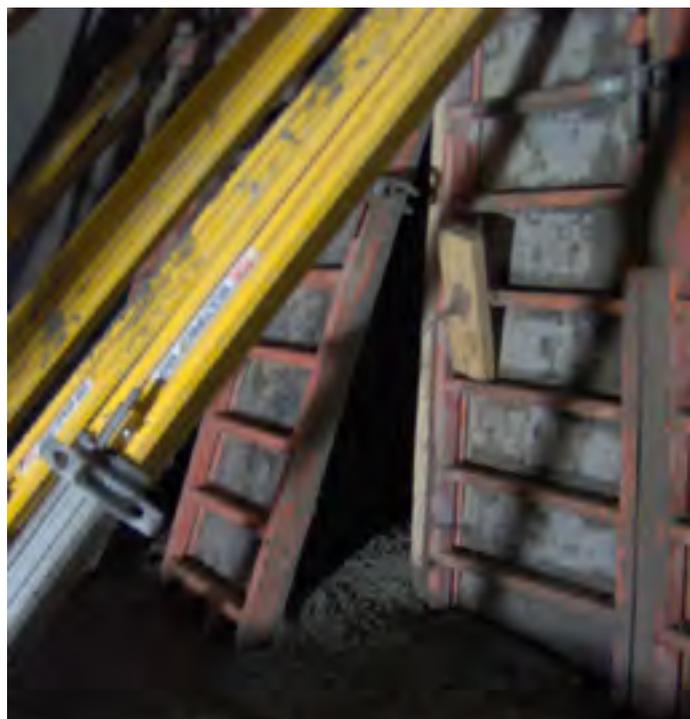
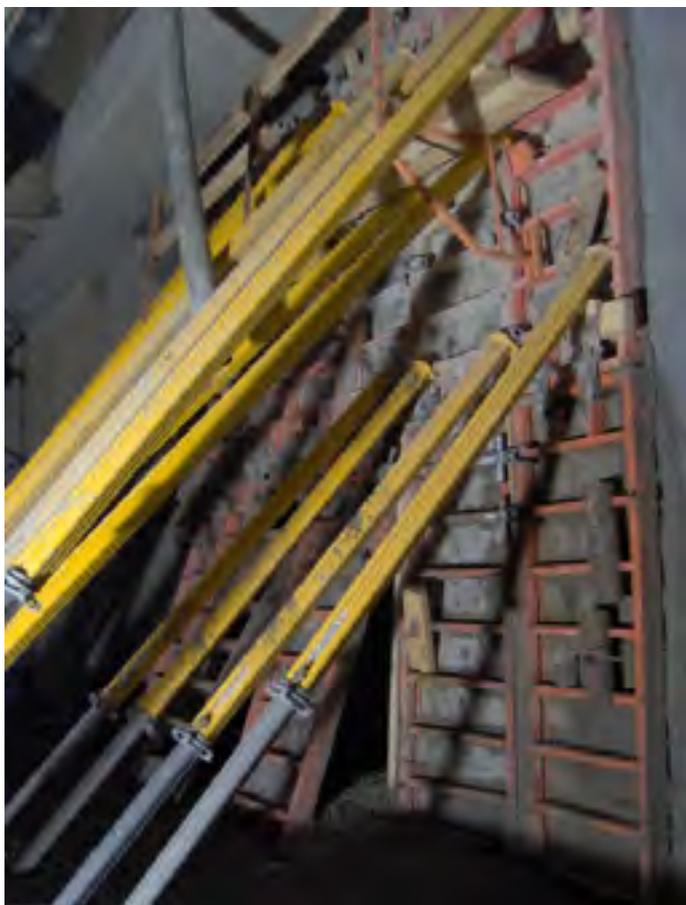


Fig. 14 - Reventón de encofrado durante el hormigonado del muro.

## ACCIDENTE TIPO 12

### COLAPSO DE CIMBRA Y ENCOFRADO DE LOSA

#### Descripción de accidentes

Sin duda éste es uno de los accidentes más graves que pueden ocurrir en cualquier obra de construcción. El accidente se produce cuando se pone en carga la estructura de soporte del encofrado de la losa por el hormigonado de la misma. Este accidente se ha materializado tanto en **losas cimbradas de puentes o edificaciones** como en **forjados de edificación** apuntalados y compuestos por viguetas, bovedillas y losa de compresión.

El colapso de esta estructura supone además la más que posible caída junto con toda la estructura (cimbra o puntales, encofrado, armadura, en caso de forjados viguetas y bovedillas y hormigón) de los trabajadores que realizan el hormigonado que, de forma general, serán varios.



*Fig. 15 -Desplome de cimbra y encofrado de losa superior de falso túnel.*

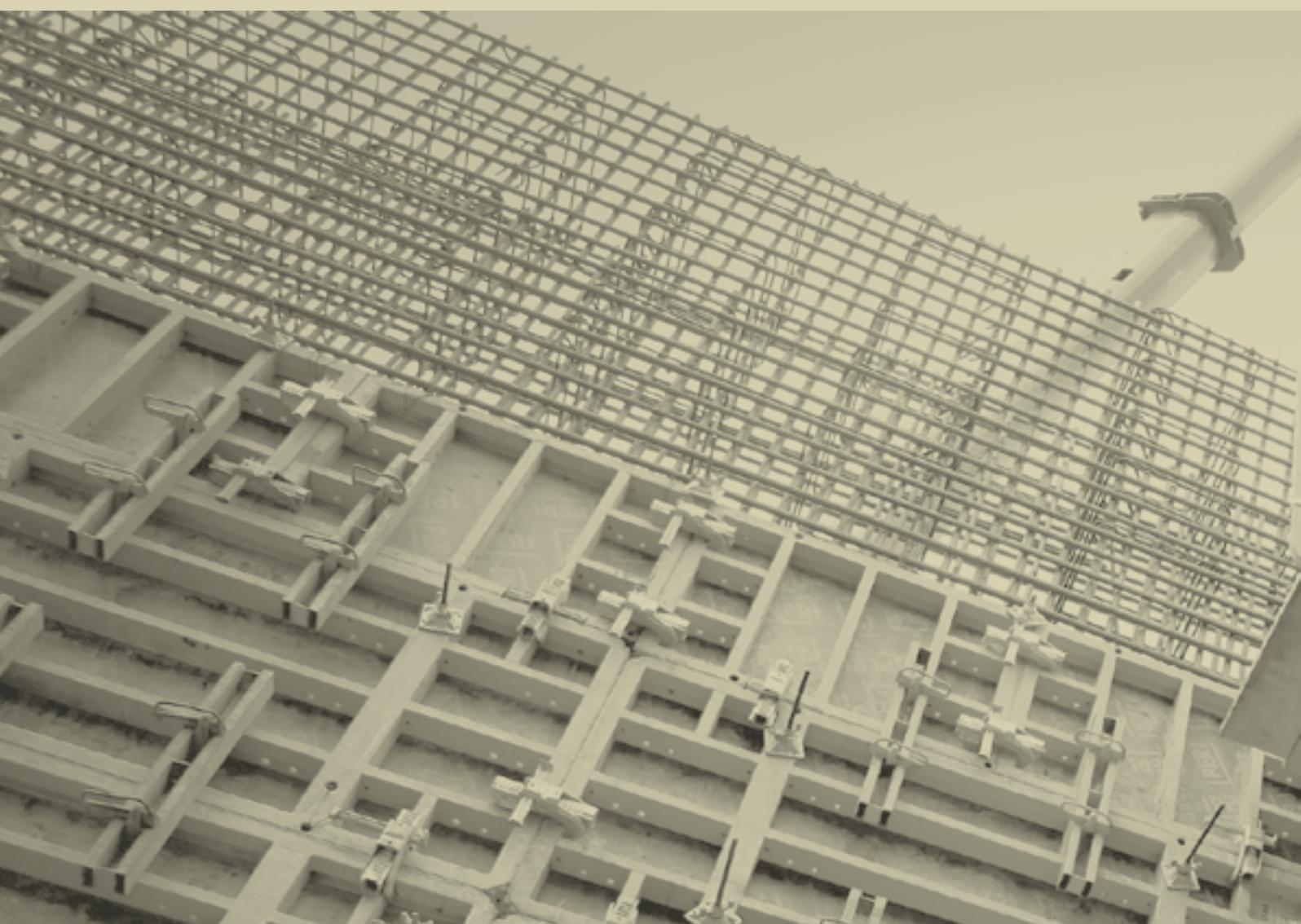
#### Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa fundamental de este tipo de accidente se debe al **fallo de la estructura de soporte**, bien por deficiencias de **dimensionamiento** o bien por deficiencias en su **ejecución**. A esta causa habría que añadir otra posible derivada de la puesta en carga de la estructura, ya que muchas de las estructuras están dimensionadas para que la puesta en carga (hormigonado) se realice en unas condiciones determinadas, convirtiéndose en un riesgo el hormigonado en otras distintas de las previstas. Por ello, es fundamental que en las fases de montaje, utilización y desmontaje se **definan los procedimientos de puesta en carga y secuencias de hormigonado**, observando lo establecido en el artículo 68 de la «Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)», aprobada mediante el Real Decreto 1247/2008.

En todo caso, deben evitarse las concentraciones puntuales de masas de hormigón, realizándose un reparto homogéneo del mismo, evitando la puesta en obra de hormigones con **consistencias diferentes** a las previstas (consistencias más secas dificultan el reparto).

CUADRO RESUMEN DE ESCENARIOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS A OBSERVAR	
ESCENARIOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<b>1</b> Golpes y atrapamientos durante la manipulación de paneles de encofrado	Evitar la presencia de trabajadores en las proximidades de los paneles durante los desplazamientos de los mismos, y hasta que éstos no se encuentren en su posición definitiva de montaje o acopio. Disposición de varios puntos de eslingaje para paneles de grandes dimensiones. Guiado de los paneles de encofrado mediante medios auxiliares (cabos).
<b>2</b> Golpes en el desmontaje de los paneles de encofrado	Uso de productos desencofrantes. No realizar tracciones en presencia de trabajadores.
<b>3</b> Golpes y atrapamientos en el desencofrado de paneles de muros	En el desmontaje, seguir el orden inverso al utilizado durante la colocación. Comprobar con carácter previo la estabilidad de los paneles en el desencofrado.
<b>4</b> Golpes y atrapamientos en el acopio de paneles fenólicos de encofrados	Realizar los acopios sobre superficies horizontales y estables. Inmovilización de acopios.
<b>5</b> Cortes y proyecciones por sierras de disco en su utilización en encofrados	Formación específica de los operarios. Uso de las sierras para los fines previstos. Mantenimiento de las protecciones de fábrica. Uso de equipos de corte específicos.
<b>6</b> Caídas en altura en el montaje de encofrados de muros	Uso de plataformas horizontales integradas. Uso de sistemas de sujeción eficaces.
<b>7</b> Caídas en altura en el montaje de encofrado de forjados	Instalación de medios de protección colectiva específicos para encofrados horizontales (redes, protección de bordes, etc.). Uso de la protección individual (arnés de seguridad) por parte de los operarios.
<b>8</b> Caídas al mismo nivel, cortes y pinchazos con barras de ferralla auxiliares	Correcta señalización de los elementos de ferralla. Colocación de elementos de protección específicos (setas) en todos los elementos punzantes.
<b>9</b> Caídas de objetos desprendidos y paneles de encofrado durante el desencofrado	Retirada de los paneles de encofrado a medida que se retira el soporte de los mismos.
<b>10</b> Desplome de encofrado en el montaje	Instalación de los elementos de apuntalamiento y arriostamiento de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Tener en cuenta las condiciones atmosféricas adversas (viento).
<b>11</b> Reventón del encofrado vertical durante el hormigonado	Instalación de los elementos de apuntalamiento y arriostamiento específicos cumpliendo las condiciones y limitaciones técnicas establecidas por el fabricante.
<b>12</b> Colapso de cimbra y encofrado de losa	Desarrollo de procedimientos de puesta en carga de la estructura de soporte. Uniformidad en la consistencia y reparto homogéneo de todo el hormigón utilizado. Instalación de la estructura de soporte de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Cumplir el art. 68 de la EHE-08.

Fig. 16 – Tipos de accidentes más habituales en el uso de sistemas de encofrado y medidas preventivas a observar.



# 2

## **ESTUDIO GENERAL DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO**



## 2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO

Hasta fechas recientes, el material más comúnmente usado para la realización de encofrados era la madera. Posteriormente, la utilización de nuevos materiales como el aluminio y el plástico han hecho que esta actividad se realice con procesos mucho más **estandarizados e industrializados**, los cuales tienen como principal ventaja el rápido montaje y desmontaje, reduciendo en gran medida los tiempos de ejecución.

A la hora de realizar una **clasificación** de los diferentes

**sistemas de encofrado** que se utilizan actualmente en obras de construcción, se pueden dividir los mismos en dos grandes grupos en función de la posición del elemento que se va a encofrar: **sistemas horizontales** y **sistemas verticales**.

En el siguiente cuadro, se muestra dicha clasificación, realizada en función de las subdivisiones que de los dos grandes grupos de sistemas de encofrado (horizontales y verticales) podemos encontrar en las obras de construcción.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO			
Sistemas de encofrado de forjados horizontales:			
H - HORIZONTALES	Según su sistema de ejecución	Según su sistema de transmisión de cargas	
	De forjados prefabricados	Unidireccional	Forjados de semilosas prefabricadas
	De forjados parcialmente prefabricados	Unidireccional	Forjados de viga plana o de cuelgue con viguetas
			Forjados de viga plana o de cuelgue con semiviguetas
	De forjados ejecutados "in situ"	Bidireccional	Forjados de losa maciza de hormigón
Forjados de losa aligerada de hormigón			De casetón perdido
			De casetón recuperable
V - VERTICALES	De Pilares	De sección circular	De chapa
		De sección rectangular	De material desechable
		Para grandes alturas, de sección circular o rectangular	Trepantes y Autotrepantes
	Deslizantes		
	De Muros	1 cara	
		2 caras	
Para grandes alturas, se pueden ejecutar		Trepantes y Autotrepantes	
		Deslizantes	

## H - SISTEMAS DE ENCOFRADO HORIZONTAL

Los sistemas de encofrado horizontal, empleados normalmente para ejecutar forjados, disponen de una serie de materiales que se distribuyen en tres grupos de elementos:

- ▶ Superficie encofrante, entendida como una composición de tableros que da textura y transmite las cargas a soportar a la propia estructura horizontal del encofrado.
- ▶ Estructura horizontal, definida como un elemento resistente compuesto por vigas, sopandas o correas, que traslada las cargas transmitidas por la superficie encofrante a la estructura vertical.
- ▶ Estructura vertical, constituida por elementos de apuntalamiento que transmiten las cargas a los forjados inferiores cuando existan o directamente al terreno.

A continuación se describen los diferentes tipos de sistema de encofrado horizontal de acuerdo a su sistema de transmisión de cargas:

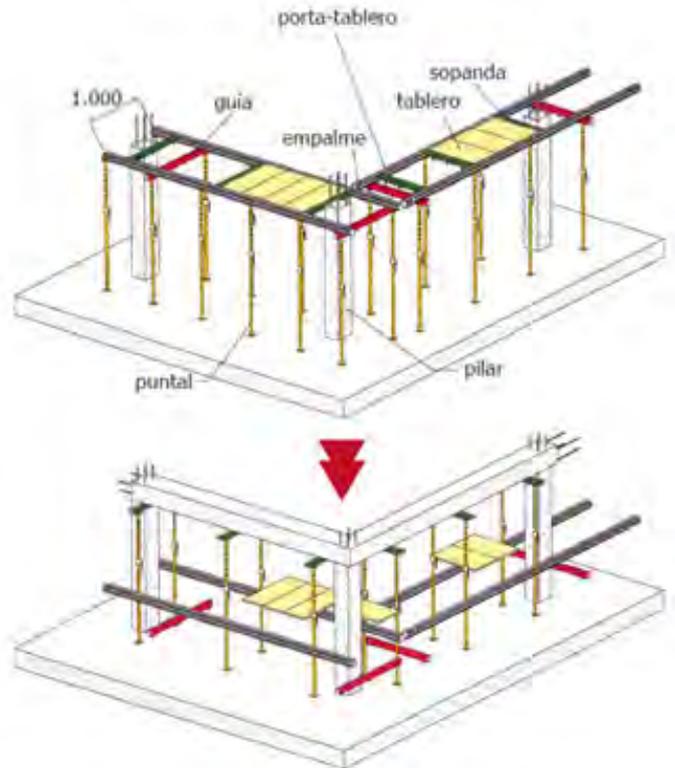


Fig. 17 - Sistema de encofrado mediante sopandas para forjado de vigas planas unidireccionales.

### H-1 - DE FORJADOS UNIDIRECCIONALES

Los **forjados unidireccionales** son aquellos que transmiten las cargas a los apoyos según una única dirección. Se apoyan o unen a la estructura portante a través de los bordes, jácenas (vigas) y viguetas, donde los elementos resistentes van dispuestos en una sola dirección.

#### H-1.1 De semilosa prefabricada

El sistema de encofrado de semilosas prefabricadas consiste en la colocación sobre **una** estructura metálica de placas prefabricadas de hormigón armado de gran tamaño (forjado semiacabado), las cuales se montan en obra y se rellenan allí con hormigón preparado in situ para conseguir la losa definitiva. Por tanto, la armadura estructural relevante y las armaduras de celosía vienen montadas ya de fábrica.



Fig. 18 - Sistema de encofrado de mediante semilosa prefabricada. Detalle de semilosa prefabricada.



### H-1.3 De forjados de viga plana o de cuelgue con semiviguetas

La descripción de este sistema es la mismo que en el caso anterior, con la variación de que los elementos lineales necesarios para la sustentación del material de entrevigado (bovedillas) están constituidos por semiviguetas prefabricadas en lugar de por viguetas.

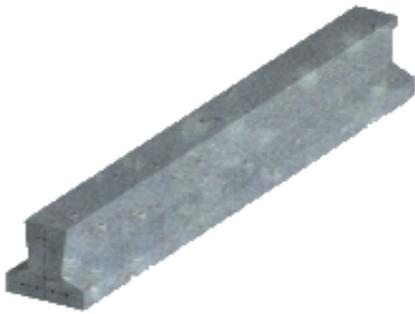


Fig. 23 – Ejemplo de semivigueta

## H-2 DE FORJADOS BIDIRECCIONALES

Este tipo de forjado posee sus elementos resistentes o nervios en ambas direcciones formando una retícula, por eso se denominan **forjados bidireccionales o reticulares**, pudiendo ser de losa maciza o bien de losa aligerada de hormigón.



Fig. 24 – Sistema de encofrado para realizar forjados reticulares

### H-2.1 De losa de hormigón armado in situ

Este sistema de encofrado permite la construcción de forjados planos de hormigón armado in situ, macizados ó aligerados, mediante el empleo de mecanos, los cuales forman una superficie plana y resistente.

Los elementos que componen este tipo de encofrados se componen básicamente de una **estructura metálica** sobre la que se colocan los **tableros** que sirven de base encofrante, siendo ambos recuperables después del hormigonado, por lo que se puede disponer del tablero para una nueva puesta.

El sistema se adecua a la ejecución de construcciones de varias plantas, así como a la de grandes superficies, en las que el hormigonado se realiza en varias fases.

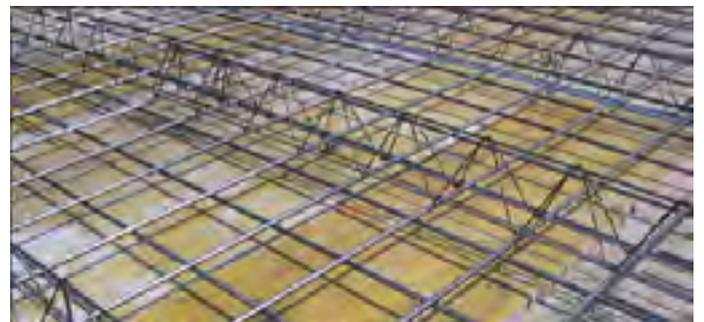


Fig. 25 – Detalle inferior del mecano de encofrado de losa in situ. Armado de losa in situ.

El sistema de encofrado utilizado para realizar losas macizas puede ser también modular o pre-montado, mediante el uso de las denominadas «**mesas de encofrado**», especialmente indicado para obras de grandes dimensiones y con una superficie donde la distribución de pilares responda a una geometría regular.

La superficie encofrante es de contrachapado fenólico, lo cual ofrece un acabado de hormigón visto. Además, y gracias a un montaje sistemático, se realiza un desencofrado rápido y seguro y el empleo de pocas piezas sueltas, por lo que el sistema de *mesa* optimiza los ritmos de ejecución.



Fig. 26 – Sistema de encofrado de mesas. Mesa de encofrado de superficie encofrante fenólica.



Fig. 27 – Casetones recuperables y casetones perdidos.

## H-2.2 De losa aligerada de hormigón

A diferencia del anterior, este sistema de encofrado cuenta con elementos que permiten aligerar la estructura mediante la colocación de módulos que disminuyen el volumen final de hormigón.

En este tipo de encofrado, los elementos constitutivos del entrevigado (los cuales realizan la función de aligerado) se denominan casetones, pudiendo ser de tipo **recuperable**, a los que se denomina bañeras (pueden ser de poliéster y poseen un agujero central por el que se inyecta aire comprimido con el objeto de separarlos del hormigón del forjado); o bien **no recuperables**, los cuales se realizan con bloques de hormigón aligerado o con porexpán.



Fig. 28 – Forjado bidireccional: de casetón recuperable y de casetón perdido.

### H-2.3 De forjados de chapa colaborante

Para la ejecución de forjados horizontales, otro de los sistemas utilizados es la chapa de forjado colaborante, siendo su uso preferente en forjados mixtos con estructura metálica tanto de edificación como de obra civil.

Los elementos de este tipo de encofrados son, por una parte, una placa de acero galvanizado (chapa colaborante) que actúa como encofrado, y, por otra parte, el hormigón con su armadura correspondiente. De forma complementaria, el conjunto necesita un remate perimetral de chapa, el cual ejerce como elemento sustentor del hormigón hasta que este llegue a fraguar.

Una vez ha fraguado el hormigón, la placa de acero y el hormigón forman un elemento único estructural con las características de las losas de hormigón armado tradicionales, donde la placa, después de haber actuado como encofrado, pasa a resistir los momentos positivos y la armadura metálica adicional los momentos negativos.



Fig. 29 – Encofrado con chapa colaborante en estructura metálica.



Fig. 30 – Detalle del forjado con chapa colaborante.

## V - SISTEMAS DE ENCOFRADO VERTICAL

Los sistemas de encofrado vertical, utilizados para ejecutar pilares y muros, conforman paneles que contienen los siguientes materiales: que se distribuyen en tres grupos de elementos:

- ▶ **Sistema encofrante:** elemento que da textura y soporta las presiones laterales del hormigón fresco. En general son tableros de madera contrachapada fenólica pero pueden ser también de acero u otros materiales. Para conseguir texturas especiales se utilizan elementos de forro en el interior de los encofrados.
- ▶ **Estructura soporte:** elemento resistente de acero o aluminio compuesto por un marco exterior y unas costillas interiores de refuerzo.

Tanto en la construcción de pilares como de muros de grandes alturas, se pueden también utilizar los denominados sistemas de encofrado **trepante** o **autotrepante**, en los cuales el encofrado se apoya directamente sobre la parte de la estructura ejecutada con anterioridad.

Además, otro sistema de encofrado vertical utilizado es el denominado **deslizante**, el cual se desliza mediante el uso de gatos hidráulicos.



Fig. 31 – Ejecución de pilares: encofrado de sección rectangular y encofrado desechable para pilares.



Fig. 32 – Encofrados verticales: de muro y de muro circular.

En el gráfico inferior se pueden identificar las principales estructuras que se realizan mediante la utilización de sistemas de encofrado vertical.

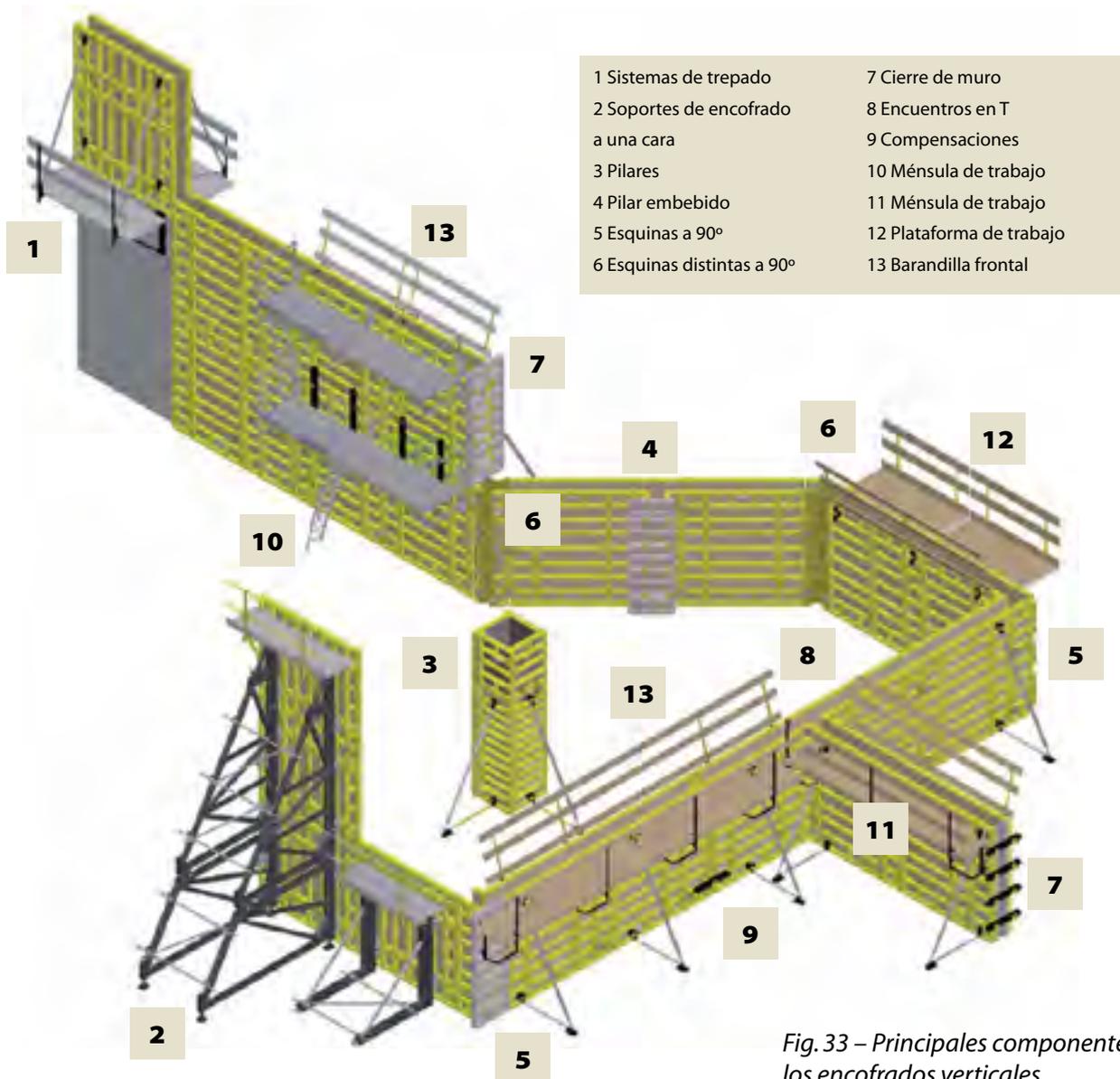


Fig. 33 – Principales componentes de los encofrados verticales.

A continuación se describen los diferentes tipos de sistemas de encofrado vertical.

### V-1 DE MUROS

El cometido de este tipo de encofrado es el de generar la superficie lisa que se adapte en forma y posición a las caras del muro a construir, generando un molde resistente en el que verter el hormigón fresco.

Los materiales empleados (rectos o curvos) son de múltiple naturaleza: paneles metálicos, elementos de madera ó plásticos, y piezas cerámicas para los de pequeñas dimensiones, cimentaciones o pequeñas zanjas.

El panel suele estar compuesto por una superficie lisa (multicapa fenólico o chapa de acero) a la que se dota de la resistencia y rigidez requeridas mediante una serie de perfiles metálicos soldados en su reverso.

La estructura de perfiles consta de un marco y de unas costillas.



Fig. 34 – Encofrado de muro a dos caras.

### V-2 DE PILARES

Se utilizan principalmente como elemento contenedor del hormigón y la armadura para formar pilares con diferente configuración (redondos, cuadrados o rectangulares).

El material del que suelen estar constituidos estos encofrados suele ser el cartón, la fibra de vidrio y chapas curvas metálicas para los de configuración redonda; y las chapas metálicas planas para los cuadrados o rectangulares.



Fig. 35 – Encofrado de pilar cuadrado y circular.

El **proceso de construcción** de los pilares es relativamente simple: una vez realizado el armado, se procede a encofrar el pilar mediante la colocación del molde (o montaje de sus partes) en función de la configuración del mismo. A continuación, se realiza la estabilización del encofrado mediante la colocación de puntales en cada una de sus caras; y por último, se realiza el vertido de hormigón.



Fig. 36 – Detalle de puntales de estabilización

Con el fin de facilitar el acceso hasta la coronación del pilar para realizar las tareas de hormigonado, se deberá instalar un andamio con escaleras interiores en el caso de que el sistema de encofrado no tenga integrado en su configuración dichas escaleras.

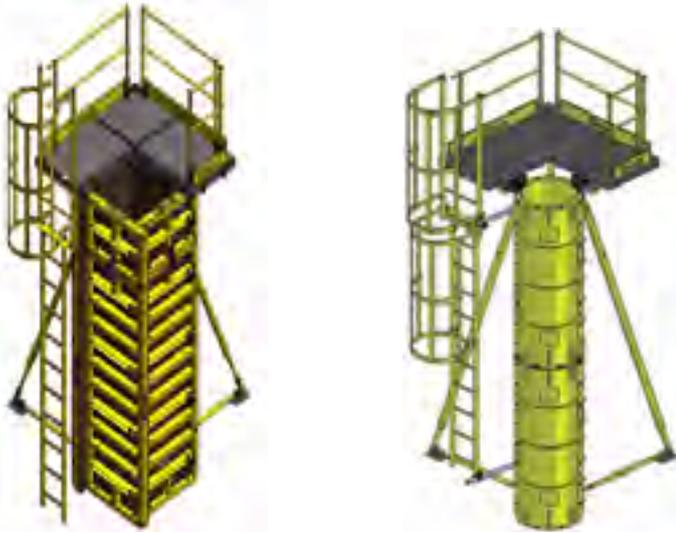


Fig. 37 – Ejemplo de sistemas de encofrado de pilas con acceso integrado.

### V-3 SISTEMAS TREPANTES Y AUTOTREPANTES

El **sistema de encofrado trepante** consiste en la realización de un hormigonado discontinuo, siendo necesario despegar el encofrado del hormigón para poder desplazarlo, y requiriendo por tanto sucesivas puestas del mismo hasta lograr la altura de la estructura a construir.

El **proceso** es el siguiente: el encofrado se apoya directamente sobre la parte de la estructura ejecutada con anterioridad. Una vez se sitúa en su sitio, actúa como un encofrado convencional permitiendo la colocación de ferralla en el tramo y el hormigonado. Con posterioridad al fraguado necesario en el tramo superior se procede a abrir los encofrados, separándolos del hormigón y elevarlos a la posición siguiente mediante un sistema de elevación solidario con el propio encofrado.

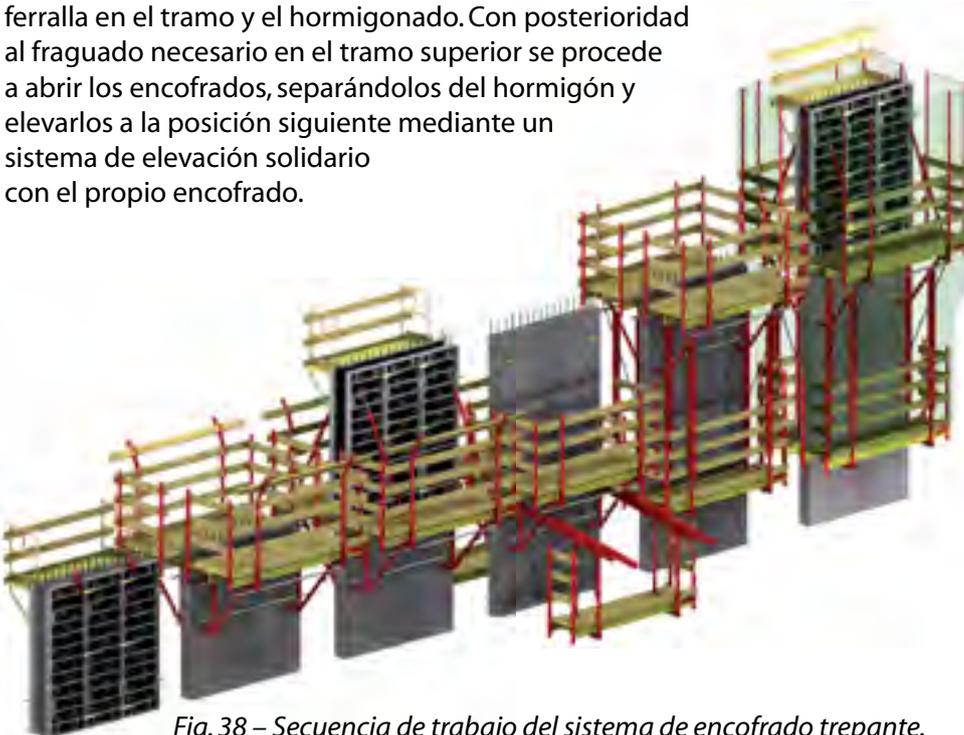


Fig. 38 – Secuencia de trabajo del sistema de encofrado trepante.

Normalmente se disponen en grupos de dos tramos de encofrado de unos dos metros y medio de altura. Se empieza realizando los dos primeros tramos y luego se va pasando continuamente el de abajo a la parte superior para continuar con la progresión en altura.

La elevación del sistema se realiza mediante grúa si el encofrado es trepante, o bien de forma autónoma en el caso de los encofrados autotrepantes.

En este sentido, y en el caso de **autotrepante**, el sistema consiste básicamente en un sistema de trepa convencional al que se le añaden soluciones mecánicas e hidráulicas para conseguir que la elevación de todo el conjunto se realice sin necesidad de grúa. La elevación de la estructura se realiza mediante la sucesiva elevación de mástil y encofrado a lo largo del muro a ejecutar. Cada consola lleva su propio cilindro hidráulico que es el encargado de elevar tanto el mástil como la consola.

El sistema autotrepante permite acelerar los procesos de construcción de muros en comparación con los moldajes trepantes convencionales

Los trabajos del sistema se pueden resumir en tres fases:

**1ª Fase:** se ejecuta el encofrado de forma tradicional, dejando en el hormigón un anclaje recuperable.

**2ª Fase:** se sujetan a los anclajes recuperables los pies de enganche. Se suspende el panel de encofrado con grúa y se montan sobre el mismo las ménsulas de trepa. Finalmente el conjunto así obtenido se coloca en los pies de enganche.

**3ª Fase:** se mueven conjuntamente encofrado y ménsula en una sola operación de grúa (en el caso de ser autotrepante se realiza de forma automática mediante soluciones mecánicas e hidráulicas), y se incorpora la plataforma auxiliar para recuperación de anclajes y posibles labores de retoques o reparaciones.

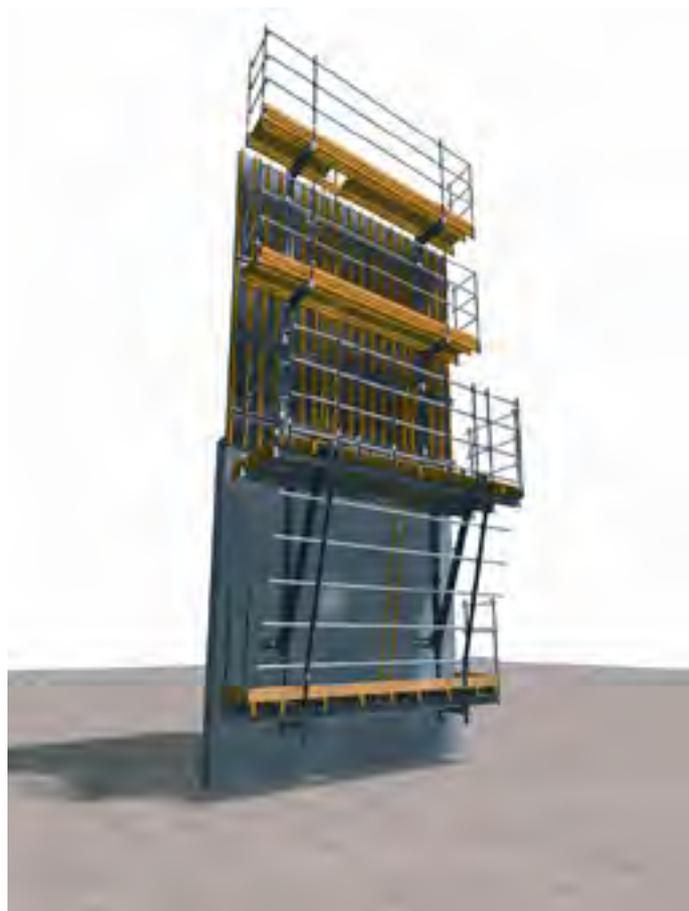


Fig. 39 – Encofrado autotrepante: esquema y construcción de pila de viaducto (ULMA)

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 Consola                   | 6 Cabezal trepador superior |
| 2 Pie consola               | 7 Taco mástil               |
| 3 Mástil                    | 8 Cajetín anclable          |
| 4 Cilindro                  | 9 Encofrado                 |
| 5 Cabezal trepador superior |                             |

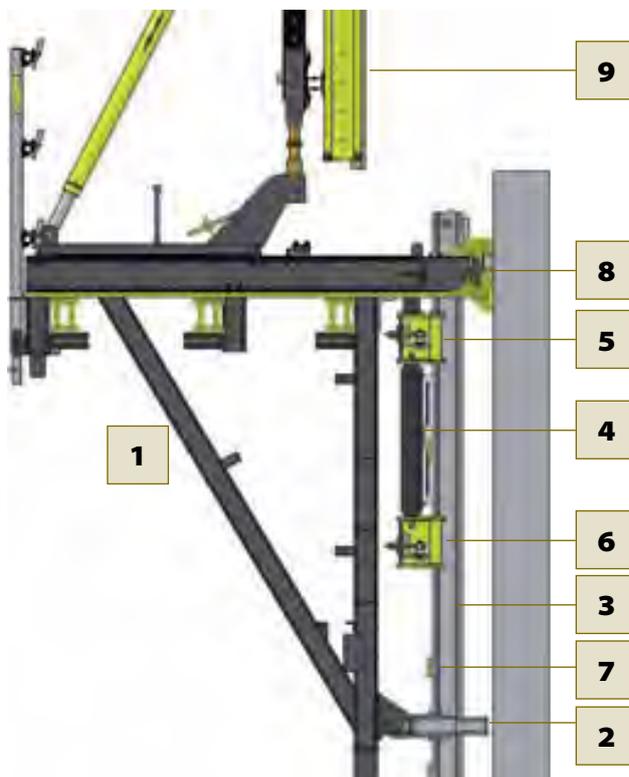


Fig. 40 – Encofrado autotrepante: esquema del sistema de trepado.

Normalmente, en los sistemas de encofrado trepante (ya sea trepante como tal o autotrepante), se dispone de tres niveles de trabajo, integrados en la estructura del mismo:

- ▶ **Plataforma de hormigonado**, cuya función es facilitar el hormigonado y las comprobaciones previas al mismo.
- ▶ **Plataforma principal**, sobre ellas se realiza la mayor parte del trabajo, ajuste y aplome así como la colocación de la ferralla, las vainas, etc.
- ▶ **Plataforma suspendida**, sobre la que se realizan las operaciones de acabado, ya sea retirada de conos, sellados, atado de encofrados, etc.

## V-4 DESLIZANTES

El sistema de **encofrado deslizante** consiste en una técnica de construcción de obras de hormigón armado o pretensado sin juntas frías (por ejemplo silos de almacenamiento, cajones para gas, desagües de fondo en presas, almacenamientos de líquidos, gases, etc.), en la cual los procesos de armado, encofrado, hormigonado y desencofrado son realizados de forma simultánea y continua y no de forma secuencial como se desarrolla en las técnicas habituales de construcción.

El **método consiste** en un molde de encofrado con la misma forma geométrica que la estructura a construir, generalmente a doble cara, que puede ser de diferentes alturas y está rigidizado mediante paneles con estructuras metálicas (pórticos) y estructuras auxiliares. El conjunto del encofrado se eleva o desplaza de forma continua mediante un conjunto de gatos hidráulicos sincronizados, produciendo pequeñas elevaciones de corto recorrido y dando un movimiento constante al encofrado.

La velocidad de elevación se modera según el tiempo de curado necesario del hormigón con el fin de que la parte inferior pueda ir aguantando el encofrado, de tal manera que el hormigón no se quede completamente seco y evite el deslizamiento del sistema de encofrado.

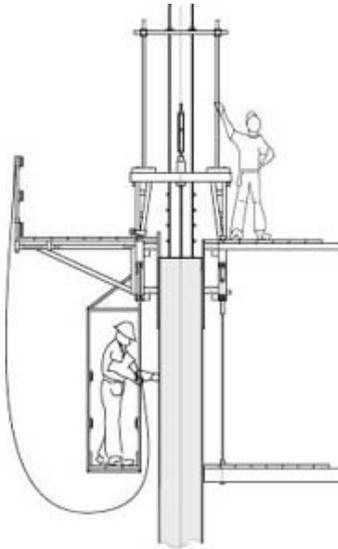


Fig. 41 – Esquema de sistema de encofrado deslizante.

Su **aplicación se realiza en la construcción de obras de hormigón armado**, con la particularidad de que, a diferencia de los sistemas constructivos normales donde las actividades comunes de armado, encofrado y hormigonado son secuenciales, en este sistema se consigue adaptar la cadena industrial al proceso constructivo, con lo que **las tres actividades principales se realizan de forma continua y solidaria**.

La **gran ventaja** de este sistema es que se **eleva de forma prácticamente continua** todo el conjunto, realizando las labores de puesta en obra de los materiales de forma continua, de tal manera que se realizan tongadas de hormigón con periodos de 1 a 2 horas utilizando hormigones estudiados para una velocidad de fraguado rápido.



Fig. 42 – Ejecución de diferentes estructuras mediante encofrado deslizante: pila y canalización de río.

## 2.2. ANÁLISIS DE LOS MANUALES DE INSTRUCCIONES SEGÚN EL SISTEMA DE ENCOFRADO

En el análisis de la siniestralidad laboral en la que los sistemas de encofrado están implicados de una u otra manera, los **manuales** de los mismos juegan un papel importante, ya que éstos son la base para la correcta realización de las labores de montaje, utilización y desmontaje de los mismos.

Por tanto, en este punto se llevará a cabo un análisis del influjo que en la siniestralidad laboral pueden tener los manuales de los fabricantes basándonos en la información preventiva que ofrezcan los mismos para la ejecución de las diferentes actividades que conlleva su utilización.

### 2.2.1 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MEDIDAS INDICADAS EN LOS MANUALES PARA EL MONTAJE, USO Y DESMONTAJE DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ENCOFRADO

En el apartado que a continuación se desarrolla se recoge un resumen de las principales medidas indicadas por diferentes fabricantes de sistemas de encofrados para llevar a cabo las tareas que su manejo requiere (MONTAJE, USO y DESMONTAJE).

#### SISTEMAS DE ENCOFRADO HORIZONTAL

##### MEDIDAS PARA EL MONTAJE, USO Y DESMONTAJE

Descripción	Detalle gráfico
<p><b>Torres móviles para el montaje y desmontaje del encofrado</b></p> <p>Para las fases de montaje y desmontaje del mecano de los encofrados, en ocasiones, y debido a la altura de trabajo, se hace necesario el uso de medios auxiliares adecuados a los trabajos a realizar. Las torres provistas de ruedas favorecen su desplazamiento y ofrecen un medio seguro para la realización de los trabajos.</p>	

### Trípode de sujeción de puntales

Con el fin de dar estabilidad a los puntales en las fases iniciales de montaje del sistema, existen diferentes alternativas, siendo los trípodes una ayuda eficaz dado que una vez instalados en los puntos clave el puntal consigue la firmeza vertical necesaria para continuar con el montaje.



### Escalera premontada para el acceso al encofrado

Es una escalera transportable y plegable construida fundamentalmente de acero, constituyendo un acceso seguro a la planta encofrada.

Para una misma escalera, variando el ángulo de inclinación, se pueden alcanzar diferentes alturas, con un máximo de 4,3 m.



### Gancho de amarre de plancha de encofrado

Con el fin de conseguir una correcta fijación de los elementos del encofrado durante las labores de acopio, montaje, desmontaje, etc., los diferentes fabricantes han desarrollado ganchos específicos de amarre acordes a las características de los elementos a desplazar.



### Argolla roscada para anclaje rápido y manejo de planchas de encofrado

Al igual que en el anterior caso, otro sistema para fijar los anclajes de los elementos del encofrado a desplazar consiste en la instalación de puntos concretos de amarre mediante la instalación de argollas.



### Basculante con madera para favorecer desencofrado

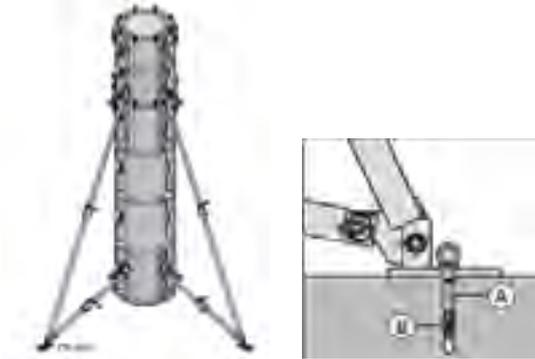
Elemento cuyo diseño facilita la recuperación de la superficie encofrante (tableros, contrachapado fenólico o cubetas), así como el clavado de los tableros.



## SISTEMAS DE ENCOFRADO VERTICAL

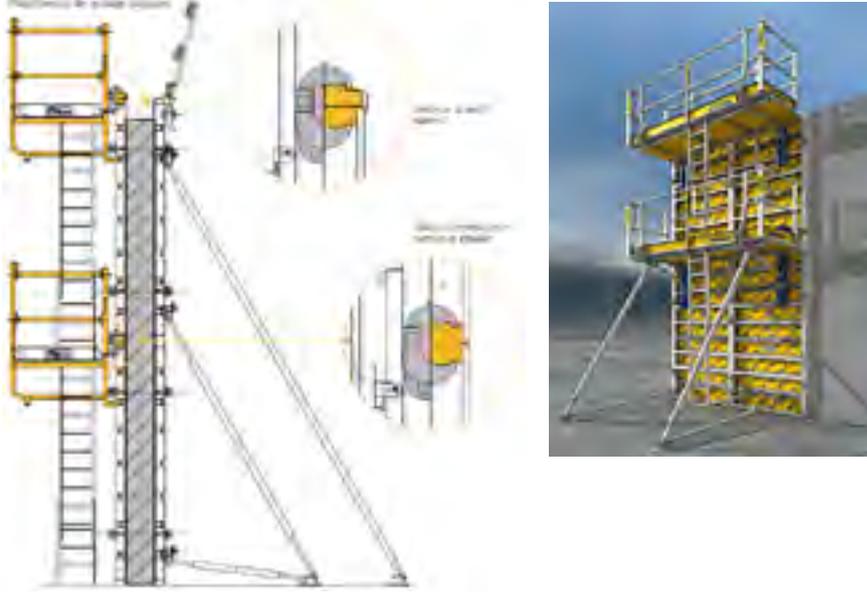
### DE PILARES

#### MEDIDAS PARA EL MONTAJE, USO Y DESMONTAJE

Descripción	Detalle gráfico
<p><b>Gancho a amarre de plancha de encofrado</b></p> <p>Con el fin de conseguir una correcta fijación de los elementos del encofrado durante las labores de acopio, montaje, desmontaje, etc., los diferentes fabricantes han desarrollado ganchos específicos de amarre acordes a las características de los elementos a desplazar.</p>	
<p><b>Argolla roscada para anclaje rápido y manejo de planchas de encofrado</b></p> <p>Al igual que en el anterior caso, otro sistema para fijar los anclajes de los elementos del encofrado a desplazar consiste en la instalación de puntos concretos de amarre mediante la instalación de argollas.</p>	
<p><b>Escaleras de acceso integradas en el encofrado</b></p> <p>Las <b>escaleras de acceso integradas</b> en la superficie de la plataforma encofrante garantizan un acceso seguro y fijo para los trabajos a realizar: hormigonado, vibrado, etc.</p>	
<p><b>Puntales estabilizadores</b></p> <p>Con el objeto de ofrecer firmeza a la estructura de encofrado durante su montaje, uso y desmontaje; la integración de puntales estabilizadores fijados al suelo garantiza la estabilidad durante todas las fases.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Detalle de anclaje</i></p>

## DE MUROS

### MEDIDAS PARA EL MONTAJE, USO Y DESMONTAJE

Descripción	Detalle gráfico
<p><b>Plataformas de trabajo con escaleras de acceso integradas</b></p> <p>Las <b>escaleras, plataformas de trabajo y barandillas</b> integradas en la superficie de la plataforma encofrante garantizan un acceso seguro y fijo para los trabajos a realizar: hormigonado, vibrado, etc.</p>	 <p>The image shows a technical drawing of a scaffolding system with integrated ladders and safety railings. The drawing includes a side view of the structure, a top-down view of a platform, and a detail of a ladder connection. To the right, a photograph shows the same system in use, with a yellow and silver metal structure against a wall.</p>
<p><b>Sistema de apuntalamiento en muro a una cara</b></p> <p>Con el objeto de ofrecer firmeza a la estructura de encofrado durante su montaje, uso y desmontaje; la integración un sistema de apuntalamiento garantiza la estabilidad durante todas las fases.</p> <p>La estructura de soporte para ejecutar muros a una cara es un sistema formado por unas escuadras reforzadas que se acoplan al panel de encofrado con dos vigas primarias horizontales.</p>	 <p>The image shows a technical drawing of a one-sided bracing system for a wall formwork. It consists of a triangular truss structure made of reinforced beams, designed to provide stability to the formwork during construction.</p>
<p><b>Gancho de amarre de plancha de encofrado</b></p> <p>Con el fin de conseguir una correcta fijación de los elementos del encofrado durante las labores de acopio, montaje, desmontaje, etc., los diferentes fabricantes han desarrollado ganchos específicos de amarre acordes a las características de los elementos a desplazar.</p>	 <p>The image shows a close-up photograph of a red metal hook used for securing formwork panels. The hook is designed to fit into a specific slot on the formwork, ensuring a secure and stable connection.</p>

### **Puntales estabilizadores para muros**

Diseñados específicamente para ofrecer firmeza a la estructura de encofrado, la integración de puntales estabilizadores fijados al suelo garantiza la estabilidad durante todas las fases.



## **2.2.2. ANÁLISIS DE MEDIDAS PREVENTIVAS O DE PROTECCIÓN INTEGRADAS EN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ENCOFRADO**

En el apartado que a continuación de desarrolla, se ha intentado recoger un resumen de las principales medidas PREVENTIVAS o de PROTECCIÓN integradas por los fabricantes de sistemas de encofrados.

Para ello, en las fichas que se presentan a continuación se recoge una breve descripción de las mismas, las cuales han sido extraídas de los manuales facilitados por diferentes entidades.

## SISTEMAS DE ENCOFRADO HORIZONTAL

### MEDIDAS PREVENTIVAS O DE PROTECCIÓN

Descripción	Detalle gráfico
<p><b>Protección perimetral mediante barandillas</b></p> <p>Los diferentes fabricantes, adecuando su diseño a las características de los elementos que componen el sistema, han desarrollado diferentes sistemas de protección de bordes.</p>	
<p><b>Anclajes de sujeción de sistema de protección de bordes</b></p> <p>Solución para la integración de los sistemas de protección de bordes en los tableros de encofrar.</p>	
<p><b>Redes de protección bajo forjado</b></p> <p>Las redes de seguridad bajo forjado constituyen una solución para detener y amortiguar las caídas de altura durante los trabajos de colocación del material encofrante.</p> <p>Su instalación se realiza colocando los paños de red en las calles formadas por los puntales mediante unos ganchos que se fijan a dichos puntales.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Detalle de gancho y puntal para sujeción de redes</i></p>
<p><b>Percha de protección anticaída en la fase de colocación de tablero</b></p> <p>El conjunto está diseñado como un elemento de seguridad para evitar las caídas en altura durante la fase de entablado del encofrado, está formado por un cuerpo de acero plegable y un dispositivo retráctil que se bloquea cuando sufre una aceleración (similar al cinturón de seguridad de un automóvil).</p> <p>Permite al operario realizar con seguridad las operaciones de colocación de tableros, barandillas de seguridad, tabicadas de encofrado y en general todas aquellas situaciones relacionadas con el montaje del encofrado en las que exista riesgo de caída en altura.</p>	

**SISTEMAS DE ENCOFRADO VERTICAL**

**DE PILARES**

**MEDIDAS PREVENTIVAS O DE PROTECCIÓN**

**Descripción**

**Detalle gráfico**

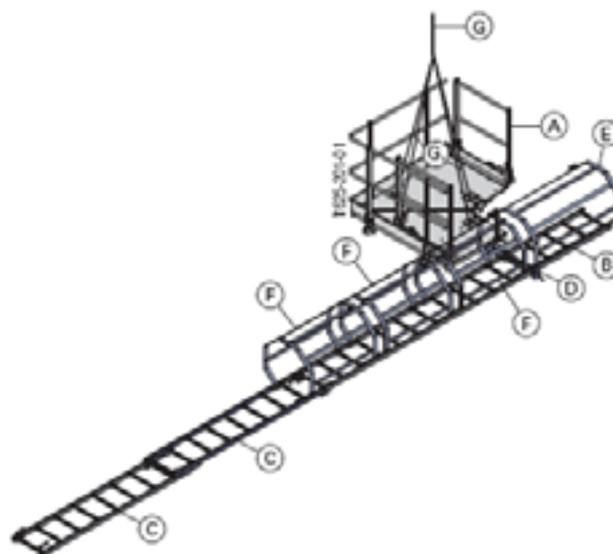
**Escaleras de acceso integradas en el encofrado**

Las **escaleras de acceso** integradas en la superficie de la plataforma encofrante garantizan un acceso seguro y fijo para los trabajos a realizar: hormigonado, vibrado, etc.



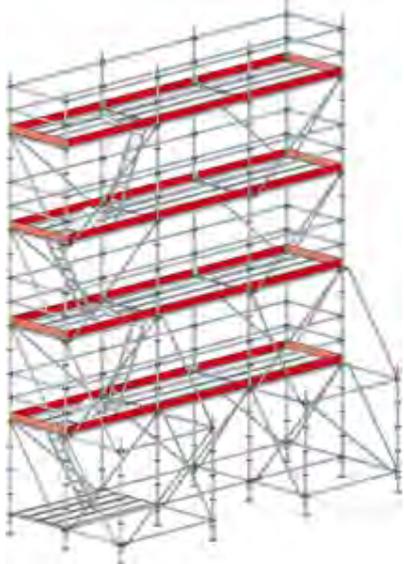
**Montaje previo en suelo de las escaleras de acceso integradas en el encofrado**

El montaje de las escaleras de acceso al encofrado con anterioridad a su colocación elimina los riesgos que supone realizar este trabajo una vez instalado el encofrado, además de facilitar el acceso para los ajustes durante las labores de instalación.



## DE MUROS

### MEDIDAS PREVENTIVAS O DE PROTECCIÓN

Descripción	Detalle gráfico
<p><b>Andamios de ferrallado</b></p> <p>El andamio para los trabajos de ferrallado proporciona una estructura de trabajo estable que permite realizar las operaciones de colocación de la ferralla del muro con total seguridad.</p>	
<p><b>Torreta de hormigonado</b></p> <p>La torreta de hormigonado permite realizar trabajos en altura de forma segura; principalmente se utiliza en las tareas de hormigonado y vibrado del hormigón de pilares y muros.</p> <p>La torreta garantiza la estabilidad y dispone de elementos que refuerzan su seguridad como rodapié, barandilla y barandilla intermedia, conforme a la normativa vigente.</p>	
<p><b>Consola de trabajo</b></p> <p>Elemento indispensable para la seguridad del operario en el momento de hormigonar el muro.</p> <p>Normalmente su diseño permite que se pueda colocar independientemente de la posición del panel de encofrado (vertical o apaisado).</p>	

## 2.3. PROBLEMÁTICA HABITUAL EN EL USO DE SISTEMAS DE ENCOFRADO

Por múltiples consideraciones particulares de cada obra, o bien por interés de las empresas en utilizar determinados elementos auxiliares propios, la utilización de encofrados en obra no siempre se ajusta a los parámetros recogidos en los manuales de los fabricantes.

En todo caso, aún con el empleo de sistemas de encofrado, las propias particularidades de cada obra y los requisitos específicos de las estructuras a encofrar y su entorno, hace que en la mayor parte de los casos (y así lo prevén siempre las empresas fabricantes y suministradoras de encofrados), el trabajo de encofrado requiera un **análisis preventivo particular y específico** a desarrollar en la obra por las empresas contratistas.

En definitiva, la **falta de análisis y planificación preventiva específica y particular** que suele producirse en el sector de la construcción afecta también a los trabajos de encofrado, lo cual se traduce en que **el uso real de los sistemas de encofrado en las obras de construcción presenta ineficiencias respecto al planteamiento previsto por los fabricantes de dichos sistemas**.

En este apartado se pretenden recoger, analizar y desarrollar, con carácter no exhaustivo, los principales problemas que desde el punto de vista preventivo se observan en el uso de encofrados en las obras de construcción. Como se ha anticipado, esta problemática tiene su origen en dos causas:

- 1 La primera radica en que habitualmente **el uso real de los sistemas de encofrado no se adapta a las previsiones de los manuales de los fabricantes**.
- 2 La segunda estriba en que **los manuales no presentan soluciones específicas para cada obra y cada entorno** por lo que su aplicación tampoco resulta totalmente eficaz desde el punto de vista preventivo.

Con el fin de sintetizar los principales problemas detectados en el uso de sistemas de encofrado, a continuación

se dividirán los mismos en función de la fase del proceso constructivo:

- ▶ Fases previas: **transporte y acopio en obra**.
- ▶ Fase de **montaje** de los encofrados.
- ▶ Fases de **ferrallado, hormigonado y vibrado**.
- ▶ Fases de **desencofrado y desmontaje**.

---

### 2.3.1.- PROBLEMÁTICA EN LAS FASES PREVIAS: TRANSPORTE Y ACOPIO EN OBRA

---

En este apartado se analizará la problemática preventiva que se presenta habitualmente en las actividades previas de **transporte** y posterior **acopio** de materiales para la realización de trabajos de encofrado.

En este sentido, el empleo de encofrados conlleva el uso de gran cantidad de materiales voluminosos y pesados, por lo que resulta fundamental la previsión de **un espacio específico de acopio** de material de encofrado y del resto de elementos auxiliares al mismo (apeos, cimbras, puntales, arriostramientos, plataformas y elementos auxiliares de montaje). Igualmente, es importante prever los **equipos de elevación y manipulación de cargas** en función de la carga y el alcance necesarios, así como el posicionamiento y movimientos de estos equipos.

En resumen, la falta de planificación de estos condicionantes suele ser práctica habitual y fuente de numerosos riesgos que se podrían evitar en origen con una **adecuada planificación**.

## P-1: PROBLEMÁTICA DETECTADA EN LAS FASES PREVIAS: TRANSPORTE Y ACOPIO EN OBRA

P - 1.1	<p><b>Atrapamientos por o entre objetos y golpes con objetos</b></p> <p>Debido a su corta duración, en los trabajos de manipulación de los elementos de encofrado es habitual la <b>falta de utilización de cabos de gobierno</b>, dirigiéndose <b>manualmente</b> las cargas suspendidas para su posicionamiento en el acopio.</p> <p>Esta actitud hace que aparezcan riesgos de <b>atrapamientos por o entre objetos y golpes con objetos</b>, riesgos que también pueden aparecer durante el estrobaje de las cargas.</p>	
P - 1.2	<p><b>Atrapamiento por vuelco de máquinas y/o vehículos, especialmente grúas o equipos de elevación</b></p> <p>Este riesgo suele materializarse por la mala ubicación o la no utilización de los <b>elementos de estabilización</b> del propio vehículo, siendo otra causa de este tipo de accidentes la utilización de los equipos de elevación <b>por encima de sus limitaciones</b>, fuera de sus diagramas de carga y alcance.</p>	
P - 1.3	<p><b>Riesgo de caída de altura</b></p> <p>Éste riesgo suele producirse en el acceso y descenso desde el camión o vehículo de transporte de material durante operaciones de enganche/desenganche y carga/descarga del material.</p> <p>En caso de alturas de acopio elevadas este riesgo puede materializarse por caídas desde la parte superior del acopio, lo cual supone una deficiencia en sí misma al no preverse habitualmente la utilización de elementos auxiliares adecuados para conformación de los acopios.</p>	
P - 1.4	<p><b>Riesgo de caída al mismo nivel</b></p> <p>En general, todas las zonas de acopios suelen ser zonas de <b>riesgo de caída al mismo nivel</b> originadas por deficiencias en el acopio, piezas o elementos sueltos o salientes.</p>	<p><i>Acopios y traslado de tabla de encofrado, sopandas y puntales</i></p>
P - 1.5	<p><b>Caída de objetos por desplome o derrumbamiento</b></p> <p>Riesgo derivado de las condiciones de acopio y apilamiento de los paneles y resto de material de encofrado. Requiere especial consideración el acopio de puntales para los encofrados, debido a la relación entre su longitud y las otras dimensiones, y a su estructura generalmente tubular.</p>	
P - 1.6	<p><b>Caída de objetos desprendidos</b></p> <p>Las fuentes de este riesgo se pueden buscar, por una parte, en un <b>uso inapropiado de los elementos auxiliares</b> de elevación de cargas, lo cual produce <b>deficiencias en el estrobado o rotura de elementos de elevación o amarre</b>; y por otro lado, a un acopio incorrecto de los elementos de encofrado. Las deficiencias en la utilización de elementos auxiliares tienen su origen en la utilización de <b>elementos deteriorados</b> (eslingas, ganchos, cadenas,...) y en la utilización de <b>elementos no adecuados</b> en función de la capacidad de carga. Del mismo modo, también suelen realizarse improvisaciones en los procedimientos y elementos auxiliares empleados para el almacenaje y transporte de las pequeñas piezas auxiliares de los encofrados, tanto barras <i>dywidag</i>, cangrejos, bases de plataformas, e incluso puntales metálicos.</p>	<p><i>Desplazamiento de piezas de encofrado en cestas certificadas</i></p>
P - 1.7	<p><b>Golpes, pinchazos o cortes con objetos o herramientas</b></p> <p>La principal problemática origen de estos riesgos la encontramos en el empleo de los elementos auxiliares y herramientas para la ejecución de los encofrados. Asimismo, suponen riesgos importantes de pinchazos los clavos utilizados en los encofrados, aunque este problema aparece más comúnmente en la fase de desencofrado.</p>	
P - 1.8	<p><b>Sobreesfuerzos</b></p> <p>Los sobreesfuerzos aparecen por la realización de forma manual de trabajos de carga y descarga de piezas de encofrado y elementos auxiliares.</p>	
P - 1.9	<p><b>Riesgos de accidentes por incendios o explosiones</b></p> <p>En las épocas invernales en climas extremos es habitual utilizar material de encofrado como material combustible para realizar hogueras en obra. La falta de cuidado en cuanto a las zonas o recipientes en los que se realizan estas hogueras, así como la utilización de líquidos inflamables para favorecer la combustión es origen de <b>riesgos de accidentes por incendios o explosiones</b>.</p>	

### 2.3.2 PROBLEMÁTICA HABITUAL EN LA FASE DE MONTAJE DE ENCOFRADOS

A la hora de analizar la problemática de cualquier trabajo de encofrado es necesario tener en cuenta el **entorno** en el que se realiza el trabajo y el **tipo de encofrado** a ejecutar. Así, el primer problema en las unidades de **encofrados que se ejecutan bajo la cota del terreno natural** es el de garantizar la seguridad de la excavación y que ésta no suponga un riesgo grave añadido por posibles desprendimientos o colapsos del mismo, por lo que será necesario considerar las características del mismo (cohesión, ángulo de rozamiento, humedad,...) y del entorno (cargas externas, aportación de agua,...).

#### P-2: PROBLEMÁTICA DETECTADA EN LA FASE DE MONTAJE DE ENCOFRADOS

##### Riesgo de sepultamiento

P - 2.1

Un problema habitual es que **no se lleva a cabo un sobrancho de la excavación** para garantizar unas condiciones ergonómicas y seguras de trabajo.

Tampoco se suele considerar que la excavación inicialmente abierta como un vaciado se convierte en una zanja cuando se colocan los paneles de encofrado y que **los trabajadores han de situarse entre el encofrado y la excavación**.



Encofrado en los límites del vaciado

##### Riesgo de caída al mismo nivel

P - 2.2

Un tipo particular de encofrados ejecutados sobre el terreno (normalmente tras una pequeña excavación) son los **encofrados de losas**, que solapándose a los elementos de cimentación y contención perimetrales (pilotes y muros pantalla continua), constituyen la losa superior de un futuro recinto subterráneo (habitualmente parking, sótanos o infraestructura de transporte subterránea). Para el encofrado de estas losas, los paneles que se disponen sobre el terreno a modo de encofrado inferior son de **superficie fenólica muy deslizante**, utilizados para evitar la adherencia con el hormigón y facilitar su posterior despegue.

En base a esta característica, estos encofrados resultan problemáticos por los riesgos de **resbalones** y **caídas al mismo nivel** cuando se pisa sobre los mismos, tanto en la fase de montaje de los paneles como durante la colocación de la armadura inferior de la losa.



Montaje de paneles fenólicos de encofrado de losas



Sistema de unión entre puntales y vigas riostras en encofrado de forjados



Apoyo irregular de puntales

### Caída de objetos en manipulación o desprendidos

La situación puede observarse en todas las tipologías de encofrados durante la **colocación de las diferentes piezas que componen el encofrado**.

En el caso de los **encofrados horizontales** de forjados y losas, la situación aparece cuando no se realiza un correcto arriostramiento entre los puntales y las sopandas, lo cual es debido a la utilización de **puntales que no disponen de un cabezal de arriostramiento o las sopandas y las rios-tras no disponen de pinchos de encaje** para los puntales; ocurriendo también cuando la base del puntal no se fija sobre el terreno de apoyo.

P - 2.3

En la colocación de los entablados horizontales aparece también esta problemática por el riesgo de caída de los elementos que conforman el entablado durante su montaje. En cualquier caso, dicho riesgo se ve acrecentado cuando se **simultanean otros trabajos con el de encofrado**, práctica que se observa en la ejecución de multitud de forjados.

En el caso de los **encofrados verticales** la problemática se repite, especialmente en el **montaje de la primera cara en los encofrados a doble cara**. Este problema se presenta de forma importante en encofrados a **doble cara** por la caída de los paneles apuntalados provisionalmente mediante puntales tradicionales en lugar de utilizar arriostramientos suministrados por los fabricantes, ya que en muchos casos no se realiza el atirantamiento provisional de los paneles en fase de montaje.

Esta situación también se presenta en el montaje de las **plataformas de hormigonado** cuando éste se realiza tras el montaje de los paneles de encofrado. En este caso, se unen a los riesgos de caída de altura en el montaje de dichas plataformas.



*Apeo deficiente de la primera cara del encofrado mediante puntales tradicionales*



### Riesgo de caída de altura

Sin duda, el **riesgo de caída de altura** es uno de los más graves con que nos solemos encontrar en la ejecución de encofrados, tanto en edificación como en obra civil.

En el caso de los forjados de **losas de edificación**, hay que diferenciar entre la **caída de altura al anterior forjado o losa ejecutado** (3 m salvo en edificaciones singulares); de la **caída por el borde de la estructura**, que depende de la altura de la misma o de la planta en la que nos encontremos y que normalmente corresponde a grandes alturas. En las **losas de obra civil**, estas alturas están relacionadas con el entorno de implantación de puentes, viaductos y otras estructuras ejecutadas, siendo normalmente alturas importantes. Por otra parte, en los **encofrados verticales** la problemática y el riesgo se va acrecentando con la altura del muro a construir.

En general, éste riesgo se ve condicionado por dos aspectos:

El primero son los **medios auxiliares** para trabajos en altura empleados para la ejecución del encofrado, los cuales presentan una serie de condicionantes:

**Adecuación de la altura de las plataformas** de trabajo de los andamios a las necesidades de alturas de operación.

P - 2.4

**Adecuación del espacio y del terreno** para la utilización de plataformas elevadoras móviles (PEM).

**Formación y capacitación de los trabajadores** y operadores de estos medios auxiliares.

En el caso de los encofrados verticales, la **retirada de las protecciones** de borde en el lado de trabajo para facilitar las tareas de manipulación y atado de barras de ferralla.

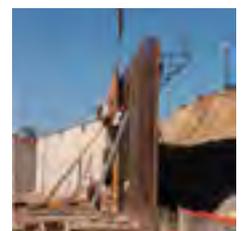
**Falta de relleno adecuado del entorno de las cimentaciones** para el apoyo correcto y utilización de los medios auxiliares.

El segundo de los aspectos es la necesaria **integración de los elementos de protección** dentro del proceso constructivo y productivo.

A este respecto, un primer condicionante es la **falta de consideración de la instalación de las protecciones como una actividad específica** que requiere de una planificación preventiva específica, por lo que es habitual recurrir a protecciones individuales para proteger del riesgo de caída de altura tanto en los trabajos de encofrado como en los trabajos de instalación de protecciones colectivas para el encofrado, armado u hormigonado. Un segundo condicionante es la **falta de adecuación de las protecciones o la falta de integración** física de las mismas con los elementos constitutivos del encofrado. De esta forma, resulta que las protecciones que tienen que ser sólidas, o bien no se instalan sobre elementos sólidos y resistentes, o bien sus elementos se conforman con elementos de obra de los que no se dispone de datos contrastados de resistencia o estabilidad; todo ello en lugar de haber utilizado los elementos suministrados por el fabricante.



*Empleo de medios auxiliares para trabajos de encofrado, andamios con ruedas y PEM*



*Deficiencias. Uso de escaleras de mano como equipo de trabajo en altura*



### 2.3.3 PROBLEMÁTICA OBSERVADA EN LA FASE DE FERRALLADO, HORMIGONADO Y VIBRADO

**apeo** se convierte en un importante aspecto preventivo que habitualmente no se tiene en cuenta para la garantía de la seguridad de los trabajos.

Teniendo en cuenta los importantes esfuerzos que genera el hormigonado sobre los encofrados, resulta fundamental en esta fase controlar los aspectos relacionados con **la resistencia y estabilidad de los encofrados**. Por lo tanto, la planificación preventiva de la obra debería considerar los aspectos técnicos del **dimensionamiento y cálculo** de las estructuras que conforman y sirven de **apeo de los encofrados**. Este aspecto, especialmente en las grandes infraestructuras, ha supuesto en las últimas épocas el principal origen de accidentes graves o mortales en obras de construcción, y sin embargo, salvo en circunstancias excepcionales rara vez es considerado en el proyecto técnico o exigido en obra al contratista. Dichas excepciones suelen encontrarse en grandes proyectos de promotores públicos y tienen su origen en las exigencias al contratista por parte del promotor. Un ejemplo de esto son las **Recomendaciones en las condiciones exigibles al proyecto, diseño, montaje y utilización de cimbras en las obras** de la entidad pública **MINTRA (Madrid Infraestructuras del Transporte)**, actualmente integrada en la Dirección General de Infraestructuras de la Comunidad de Madrid; o bien la **ORDEN FOM/3828/2007**, del Ministerio de Fomento, relativa a la **Utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de puentes de carretera**.

En muchos casos el problema no es la carga de la losa, que sí se suele tener en cuenta, sino que **durante el hormigonado se produzcan concentraciones o vertidos puntuales de hormigón** en una zona del encofrado y se genere una carga puntual muy superior, o bien que se hormigonen zonas alternativas que incrementen los esfuerzos en algún punto del encofrado. También puede resultar problemática la acumulación o acopio puntual de los **paquetes de ferralla** sobre los encofrados horizontales.

En el caso de encofrados de forjados y losas, el correcto arriostramiento entre los elementos de apuntalamiento y la base del encofrado resulta fundamental para que en las fases posteriores de colocación de la armadura, y especialmente de hormigonado, todo el soporte funcione de forma solidaria evitando el colapso del forjado. En este sentido **es fundamental el arriostramiento para garantizar la imposibilidad de los movimientos horizontales**.

Por estos motivos, la **revisión técnica de la calidad y estado de los encofrados y elementos auxiliares de**

**P-3: PROBLEMÁTICA DETECTADA EN LAS FASES DE FERRALLADO, HORMIGONADO Y VIBRADO**

<p>P - 3.1</p>	<p><b>Riesgo de derrumbe de la estructura provisional</b></p> <p>Las deficiencias en el correcto <b>apuntalamiento y sostenimiento provisional de los encofrados verticales</b>, puede ser fuente no solamente de la caída de objetos sino de un riesgo más grave si cabe, que es el <b>desplome o derrumbamiento de la estructura provisional durante su montaje</b>. Además, en el dimensionamiento de los arriostramientos se deben tener en cuenta efectos que habitualmente no se consideran como las <b>acciones del viento sobre el conjunto</b>.</p>	
<p>P - 3.2</p>	<p><b>Riesgo de caída de altura</b></p> <p>Respecto al <b>riesgo de caída de altura</b> en estas fases resultan fundamentales <b>las previsiones de las protecciones realizadas en la fase anterior de encofrado</b>. Como ya se ha dicho, el análisis y planificación de las protecciones debe realizarse previamente al comienzo de la actividad de encofrado y para todas las fases, ya que en caso contrario el problema de este riesgo presenta difíciles soluciones debido a que, entre otras, se suelen producir las siguientes situaciones:</p> <p>La falta de consideración de un espacio suficiente entre el borde de la losa y la <b>protección de borde</b> puede hacer que la misma <b>pierda su efectividad</b> en las fases de armado y hormigonado.</p> <p>La <b>disposición de una única plataforma de hormigonado</b> en un lado de un muro a doble cara y la situación de esta próxima al borde superior del muro hará que el riesgo de caída de altura se presente en la fase de hormigonado. Todo ello teniendo en cuenta que resulta habitual, que para facilitar el trabajo de vibrado de los muros, los trabajadores se sitúen sobre los bordes de los paneles de encofrado.</p> <p>La <b>falta de previsión de plataformas integradas</b> con el encofrado provoca la falta de un lugar de trabajo seguro desde el que realizar el desenganche de armaduras en caso de montaje de jaulas completas de armadura.</p>	 
<p>P - 3.3</p>	<p><b>Riesgo de caída al mismo nivel</b></p> <p>Como consecuencia del tránsito que se realiza en estas fases sobre la armadura, en numerosas ocasiones se producen caídas al mismo nivel derivadas de tropiezos.</p>	<p><i>Fig. 43 –Diferentes situaciones de riesgo de caída de altura.</i></p>

PROBLEMÁTICA PARTICULAR		EJECUCIÓN DE PILAS MEDIANTE ENCOFRADOS TREPANTES Y AUTOTREPANTES
PP - 1	<b>Accesos seguros</b>	
	<p>Un problema común tanto durante la utilización de encofrados trepantes como autotrepantes es la <b>falta de accesos seguros</b> en la fase inmediatamente posterior al izado de la trepa. Este problema es debido a que los tramos de escaleras no coinciden con los tramos de cada puesta, de forma que después de cada izado es necesaria la <b>fabricación de un tramo de escalera</b> que desembarque en condiciones de seguridad en la plataforma inferior. A ello hay que añadir la necesidad de que se prolongue el tramo de escaleras con antelación al izado de la trepa.</p>	
PP - 2	<b>Continuidad en las protecciones</b>	
	<p>Otro de los problemas que se plantean es el relativo a la <b>falta de continuidad en las protecciones y pasarelas</b> cuando se desplazan los paneles para el desencofrado, tal y como se muestra a continuación. Esta situación se da en los encofrados trepantes, ya que en los autotrepantes, si bien se produce una ligera separación de los paneles para el desencofrado, las plataformas de trabajo no suelen sufrir variación, permaneciendo continuas. Teóricamente, en el proceso de izado de trepas, cuando se sube el primer panel lateral se puede acceder desde la plataforma principal a las plataformas superiores, pero en la práctica <b>no suele existir continuidad ni entre plataformas ni entre barandillas</b>, por lo que para las operaciones de desenganche de los paneles se requiere el empleo del arnés amarrado a puntos fijos, ya que los trabajadores deben de acceder a la parte superior en la que no hay protecciones por uno de los extremos.</p> <p>Cuando la secciones de la pilas son variables, las plataformas de trabajo se han de ir ajustando de mayor a menor, haciendo que la base de las plataformas se constituyan con tableros de mayor longitud apoyados en cada consola, como se muestra en la figura número 45. En estos casos, se ha de garantizar la estabilidad de los tableros asegurándose igualmente la imposibilidad de desplazamiento de los mismos. No obstante, en el mercado existen <b>soluciones adecuadas</b> consistentes en la instalación de chapas metálicas telescópicas.</p>	
PP - 3	<b>Accesos y protecciones efectivas</b>	
	<p>Otra de las situaciones a tener en cuenta en el desarrollo de trabajos dentro de los encofrados interiores es que, en la mayoría de las ocasiones, <b>no existen accesos adecuados al encofrado interior y no se prevé la disposición de plataformas de trabajo</b> en los mismos, debiendo de recurrir al empleo de escaleras manuales así como a la utilización de arneses amarrados a puntos fijos. Por otra parte, la separación entre las plataformas ocasiona que en algunos casos la colocación y apriete de espaldines requiera que los trabajadores empleen escaleras manuales sobre las plataformas de trabajo, de forma que las <b>barandillas de protección no resultan efectivas</b>, por lo que frente a este problema se ha de tener en cuenta bien la instalación de redes verticales, o bien la colocación de barandillas suplementadas en altura.</p>	
PP - 4	<b>Montaje de la ferralla</b>	
	<p>Con respecto al <b>montaje de la ferralla</b>, tanto si se utilizan encofrados trepantes, como si se utilizan autotrepas, ésta se suele conformar <b>en la base de la pila</b>, siendo necesario disponer de <b>plataformas que integren protecciones</b> frente al riesgo de caída de altura. Por otra parte, dado que la ferralla se suele subir en bloque, es necesario que se considere el <b>empleo de bastidores que repartan la carga</b> y que garanticen la estabilidad del conjunto en todo el proceso de izado. En este sentido, y de acuerdo con el RD 1644/08 de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, obligatoriamente debe existir una <b>justificación técnica de los citados bastidores</b>, justificación que no se tiene en cuenta en todas las ocasiones.</p>	

Fig. 44 – Situación de desembarco sin protección tras el izado de la trepa y resolución tras el montaje de una pequeña rampa.

Fig. 45 – Situación descrita vista desde la parte inferior.

Fig. 46 – Ejemplo de recrecido de barandillas.



## Revisiones

PP - 5

Un punto importante en el que hay que incidir en todos los encofrados trepantes, y más si cabe en los autotrepantes, es la **revisión periódica y el mantenimiento de todos los elementos que componen el sistema**. La experiencia muestra que la mayoría de los accidentes que se producen en estos trabajos son debidos al fallo de piezas provocando las caída de elementos durante el izado y colocación de los sistemas se empuje, o la bajada brusca de los encofrados por desgaste en las cremalleras.



*Fig. 47 – Montaje de tramo de armadura de una pila.*

### 2.3.4 PROBLEMÁTICA HABITUAL EN LAS FASES DE DESENCOFRADO Y DESMONTAJE

En la mayor parte de los casos, la problemática preventiva de las actividades de desmontaje de los encofrados radica en que si la planificación preventiva del montaje resulta poco concreta y detallada, el desmontaje no mejora tal situación, limitándose, en general, al **proceso de ejecución de estas actividades como el contrario del proceso de montaje**.

#### P-4: PROBLEMÁTICA DETECTADA EN LAS FASES DE DESENCOFRADO Y DESMONTAJE

<p><b>P - 4.1</b></p>	<p><b>Variación del entorno de trabajo</b></p> <p>El primer problema que surge de la consideración anterior, es que para los trabajos de desencofrado el entorno de trabajo ya no es el mismo que en el encofrado, estando limitado por la estructura construida. Esto suscita la necesidad de <b>instalar elementos auxiliares para la manipulación de los encofrados en aquellos puntos o zonas donde los equipos de elevación que se utilizaron en el montaje no pueden acceder</b> (grúas móviles o grúas torre), siendo esta situación habitual en los encofrados de losas de hormigón, tanto en edificación como en obra civil.</p>
<p><b>P - 4.2</b></p>	<p><b>Retirada de elementos de arriostramiento</b></p> <p>Un problema habitual, y que se produce tanto en encofrados de losas como de muros, es el de acometer la <b>retirada de los elementos de arriostramiento del encofrado y no retirar los paneles o elementos de encofrado</b>, generándose graves riesgos de caída de objetos desprendidos al quedarse los paneles en un equilibrio inestable y susceptibles de caída por cualquier acción no controlable, accidental o externa. En este sentido, un error habitual ya comentado es confiar la seguridad del encofrado a su adherencia con el hormigón (hay que recordar que precisamente se aplica una lámina de producto desencofrante para evitar esta adherencia y facilitar el desencofrado).</p>
<p><b>P - 4.3</b></p>	<p><b>Planificación en la instalación de protecciones colectivas</b></p> <p>Otro problema en los trabajos de desencofrado es que normalmente, las <b>protecciones colectivas</b> se instalan sobre los propios encofrados o sus elementos de arriostramiento o apuntalamiento (especialmente en el caso de cimbras y forjados), por lo que, <b>cuando éstos se retiran en el desencofrado, se retiran también las protecciones</b>, las cuales servían para la estructura. Por tanto, si no se <b>planifica el proceso completo con la antelación</b> a que se refería en apartados anteriores se corre el riesgo de no contar ni con <b>protecciones adecuadas</b> en las labores de desencofrado ni con protecciones en la estructura una vez realizado el desencofrado.</p>
<p><b>P - 4.4</b></p>	<p><b>Orden y limpieza</b></p> <p>Por último, un problema habitual que se detecta en las labores de desencofrado es la <b>falta de orden y limpieza</b>, situación que es origen de múltiples riesgos de caídas al mismo nivel, golpes, cortes y pinchazos. Resulta habitual la mala praxis de <b>no retirar los clavos</b> de los elementos de encofrado y de no acopiar de forma ordenada los elementos a medida que se realiza el desencofrado.</p>

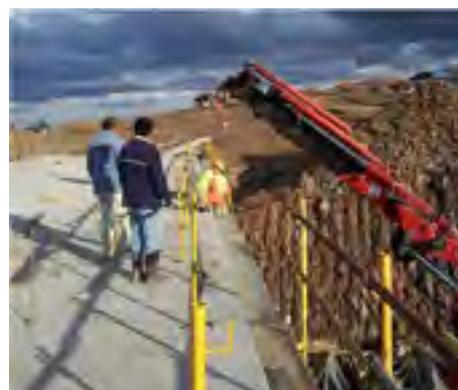
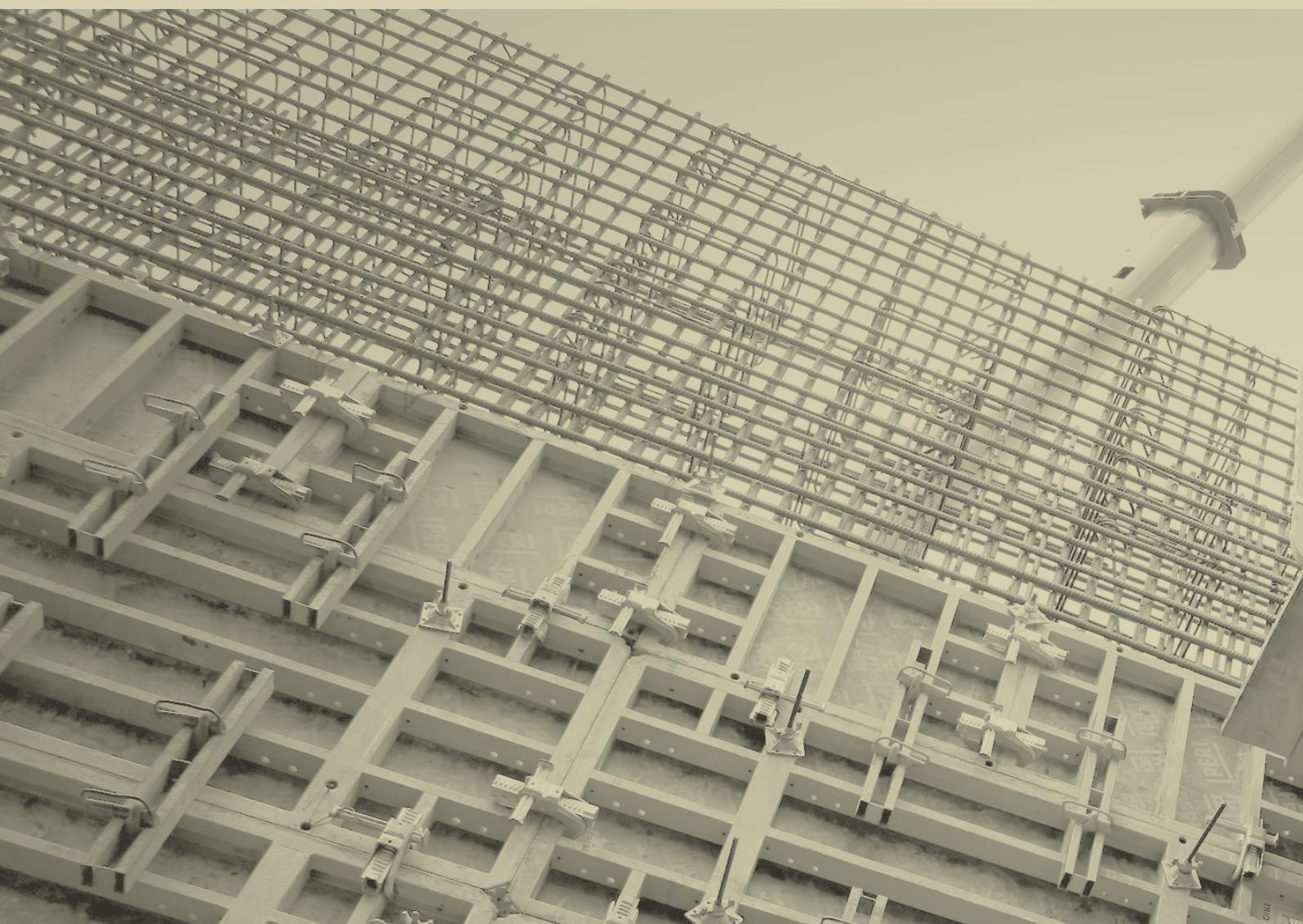
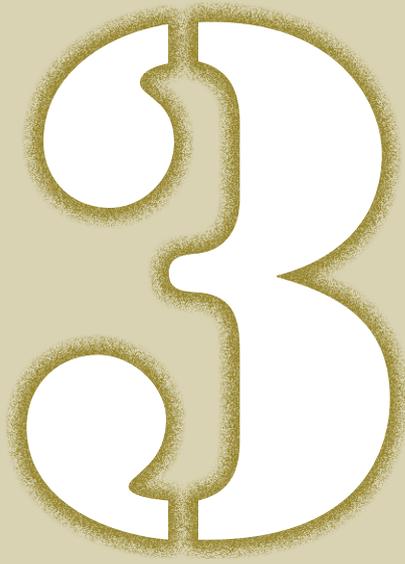


Fig. 48 – Falta de planificación en los trabajos de desencofrado y en la instalación de protecciones.





**RECOMENDACIONES  
Y BUENAS PRÁCTICAS  
A CONSIDERAR EN  
LA UTILIZACIÓN  
DE SISTEMAS  
DE ENCOFRADOS**



# 3.1. PRINCIPIOS GENERALES A CONSIDERAR EN LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS DE ENCOFRADO

La consideración de los encofrados como «**un sistema**» se puede adoptar desde que su fabricación y comercialización se realiza con **componentes estandarizados con unas instrucciones de utilización previstas por su fabricante**. Este concepto es diferente a la ejecución de los encofrados tradicionales de madera donde cada componente (tabla, tablón, cuña, puntal, sopanda,) se adecuaba en obra en función de las características geométricas que demandaba la estructura a construir.

Para realizar un análisis preventivo en el ámbito de las actividades de montaje, utilización y desmontaje de encofrados en las obras de construcción deben considerarse como punto de partida varias premisas importantes de carácter general que se desarrollan en los siguientes apartados. En este sentido, es fundamental atender el **principio general de la prevención que indica que se debe tener en cuenta el avance de la técnica**, por lo que la utilización de los encofrados tradicionales en obra deberá estar limitada a situaciones en las que no exista otro sistema más seguro.

## 3.1.1. LOS SISTEMAS DE ENCOFRADO COMO ESTRUCTURA AUXILIAR

Dado que un sistema de encofrado es una estructura, el encofrado y los elementos auxiliares de apeo del mismo deben **ser capaces de soportar las cargas a las que van a estar sometidos** durante su uso. Estas cargas se clasifican en tres tipos fundamentales:

- ▶ Por un lado el **peso propio** de las estructuras en sí.
- ▶ En segundo lugar **el peso propio del hormigón**, que a efecto de la estructura del encofrado puede considerarse como una carga muerta (carga permanente).
- ▶ En tercer lugar deberán considerarse **la sobrecarga de uso** que dependerá del procedimiento de puesta en obra del hormigón y de los operarios, elementos y equipos auxiliares empleados y cuyas cargas actúen sobre la estructura de encofrado.

En relación a los encofrados como estructura auxiliar deben realizarse varias consideraciones:

- 1.- Los **fabricantes de encofrados desarrollan y comercializan generalmente sistemas de encofrado**, entendiéndose como tales, dispositivos y equipos estandarizados dentro de unos márgenes que comprenden de forma conjunta todo lo necesario para la puesta en obra y resistencia del recinto destinado a albergar la armadura y hormigón de un elemento estructural. De la consideración de los sistemas de encofrado puede deducirse que, **para garantizar las condiciones de seguridad previstas por el fabricante, deberían ponerse en obra sistemas de encofrado completos y no componentes aislados** de varios sistemas o de un sistema complementado con otros componentes con los que no tienen relación.
- 2.- Todos los encofrados empleados en la construcción y sus elementos componentes, así como los **preceptivos proyectos para su utilización**, deberán cumplir con la normativa específica vigente y ostentar el **marcado CE**, para aquellos productos que les resulte de aplicación.
- 3.- La condición de **resistencia** es un requisito fundamental para la garantía de la seguridad de los trabajadores implicados en los procesos de montaje, uso y desmontaje de los encofrados. Muchos de los riesgos derivados de la utilización de elementos auxiliares en la construcción derivan de unos requisitos técnicos que han de garantizar la estabilidad y solidez de los citados elementos; siendo habitual que estos requisitos estén fuera del ámbito de control de los agentes implicados en la prevención de la obra.

Por ello, este ámbito técnico ha de ser tenido en cuenta en el análisis de los riesgos de la obra y en la planificación de las medidas de seguridad y de control a aplicar por los agentes implicados en la seguridad durante la ejecución de la misma.

En este aspecto fundamental para la seguridad de los trabajadores también representa una ventaja añadida el empleo de **sistemas de encofrado**, ya que sus fabricantes suelen definir las capacidades resistentes de cada una de las configuraciones previstas del sistema. Además de las capacidades resistentes los sistemas de encofrado incluyen las instrucciones de montaje, utilización y desmontaje.

- 4.- En relación con el anterior apartado y de forma general, los encofrados como elementos auxiliares, deberán contar con un **cálculo justificativo** en el que el empresario, garantice que el equipo es seguro en las condiciones particulares en las que **se utilice en la obra**. Dicha garantía deberá extenderse a las distintas **fases de montaje, utilización y desmontaje**, considerando las condiciones particulares de cada una de ellas.

Para determinados elementos auxiliares utilizados en el encofrado y en función de su complejidad y relevancia técnica y preventiva, se deberá **elaborar por parte del empresario y previamente al montaje y utilización un proyecto específico completo**, redactado por un técnico titulado competente con conocimientos en estructuras y en los medios auxiliares para la construcción de éstas, ya que algunas estructuras auxiliares están conformadas o en ellas interviene como parte fundamental los encofrados.

La **exigencia** de elaboración de un proyecto técnico se debe aplicar, al menos, a las siguientes estructuras auxiliares:

- ▶ Encofrados trepantes.
- ▶ Cimbras cuajados, porticadas o móviles.
- ▶ Vigas lanzadoras en puentes
- ▶ Carros de encofrado y carros de avance

En el proyecto se deberá considerar como base de cálculo la **capacidad portante del terreno de apoyo o cimentación** sobre la que apoyan los elementos de encofrado a fin de garantizar su resistencia y estabilidad frente a los esfuerzos, tanto horizontales como verticales transmitidos por el encofrado, la estructura de hormigón y la ejecución de la misma.

Para la realización de los cálculos se deberá contar con los datos de capacidad portante del terreno, debiendo si procede realizarse los ensayos necesarios para la obtención de los citados datos. Se tendrán en cuenta, en su caso, los efectos producidos sobre el encofrado por el adosado de otros elementos o estructuras, cubrimientos, etc.

El proyecto técnico conllevará la **elaboración de una planificación preventiva específica** de la obra, que recogerá al menos:

- ▶ El **procedimiento** de montaje, utilización, mantenimiento y desmontaje.
- ▶ Los **riesgos** inherentes a dichas operaciones.

Las **medidas de seguridad** a adoptar durante dichas operaciones.

- ▶ Los **riesgos especiales** en cada una de las fases y medidas específicas para combatirlos.
- ▶ Las **medidas de seguridad adicionales** en el caso de producirse un **cambio en las condiciones meteorológicas** que pudiera afectar a las condiciones de seguridad de la estructura auxiliar.

El montaje de encofrados y de los sistemas auxiliares de soporte de los mismos deberá realizarse por **trabajadores cualificados, con una formación específica** y bajo la dirección y supervisión de un **responsable de montaje**.

En sistemas de encofrado con configuraciones estándar suministradas por el fabricante del encofrado, el responsable de montaje puede ser un encargado con experiencia y conocimientos en estos tipos de trabajos, debiendo ser autorizado y designado por el empresario. En el caso de encofrados y estructuras auxiliares de soporte de los mismos que requieran de un proyecto específico, el montaje deberá ser **revisado y certificado antes de su puesta en carga por un técnico competente**. Este técnico podrá coincidir con el autor del proyecto técnico (en el caso de que exista) de la estructura soporte del encofrado. **Cualquier modificación** que se realice respecto a las configuraciones tipo de sistemas de encofrado deberá ser **autorizada y revisada** por personal competente, entendiéndose competente al técnico autor del proyecto o al técnico responsable del montaje.

En el ámbito de las obras públicas algunos promotores se han hecho eco de la complejidad y peligrosidad en su construcción, así como de la relevancia de los aspectos técnicos y de diseño de las estructuras auxiliares para la seguridad y salud de los trabajadores durante la fase de ejecución. Conscientes de ello, varias Administraciones han desarrollado recomendaciones especificaciones y exigencias para el diseño, proyecto y montaje de estas estructuras auxiliares tan peculiares. Algunos ejemplos de ellos son las «**Recomendaciones con las condiciones exigibles al proyecto, diseño, montaje y utilización de cimbras en las obras de Mintra**» del año 2005, o la más reciente del Ministerio de Fomento, «**ORDEN FOM/3818/2007, de 10 de diciembre, por la que se**

### dictan instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de puentes de carretera».

Por su **carácter pionero**, resumimos los aspectos más importantes de las **Recomendaciones de MINTRA**, cuyos principios se han extrapolado a otras administraciones y entidades.

- De acuerdo a dichas Recomendaciones, éstas serán de aplicación a los **sistemas de cimbrado**, entendiéndose como tales aquellos proyectados y construidos para soportar las acciones derivadas del peso del hormigón fresco durante su vertido y fraguado, así como una vez endurecido.
- También es de aplicación para los apeos, arriostramientos laterales de estabilización o cualquier otro **dispositivo** resistente **necesario para asegurar la estabilidad** en el caso de estructuras constituidas por elementos metálicos o prefabricados (ver figura 49).
- No es de aplicación** para los **elementos de acceso y circulación** de personas (andamios o pasarelas de obra, así como tampoco para los encofrados.
- Para el uso de un sistema de cimbrado por parte del Contratista, éste deberá redactar con carácter previo un **Proyecto específico**. El Proyecto deberá estar firmado por un técnico competente especializado en estructuras, especificando su nombre, apellidos y titulación acreditada en España.
- El **Proyectista de la cimbra** será **responsable** de la seguridad del diseño y proceso de montaje previsto en dicho Proyecto, así como de la correcta definición de los controles y condiciones de limitación del uso y montaje del sistema.
- La Obra deberá contar con un **Técnico competente Responsable de los Sistemas de Cimbras y Encofrados** que será nombrado por el Jefe de Obra del Contratista, el cual se responsabilizará de la adecuada coordinación de los distintos controles a exigir entre las diferentes fases y actores del proceso: desde el Proyecto a la recepción del suministro, ejecución del montaje, puesta en carga, descimbrado y el posterior desmontaje del sistema.

El Plan de Seguridad y Salud deberá **actualizarse** con los procedimientos de montaje, uso y desmontaje, así como la planificación preventiva derivada del proyecto de la cimbra.

Resulta evidente que, en el caso del resto de medios auxiliares y encofrados no afectados por estas Recomendaciones, la planificación preventiva deberá provenir de la información de riesgos y medidas preventivas facilita-

das por estas empresas. Este requisito ya está recogido en la legislación, concretamente en el art. 41 de la Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.

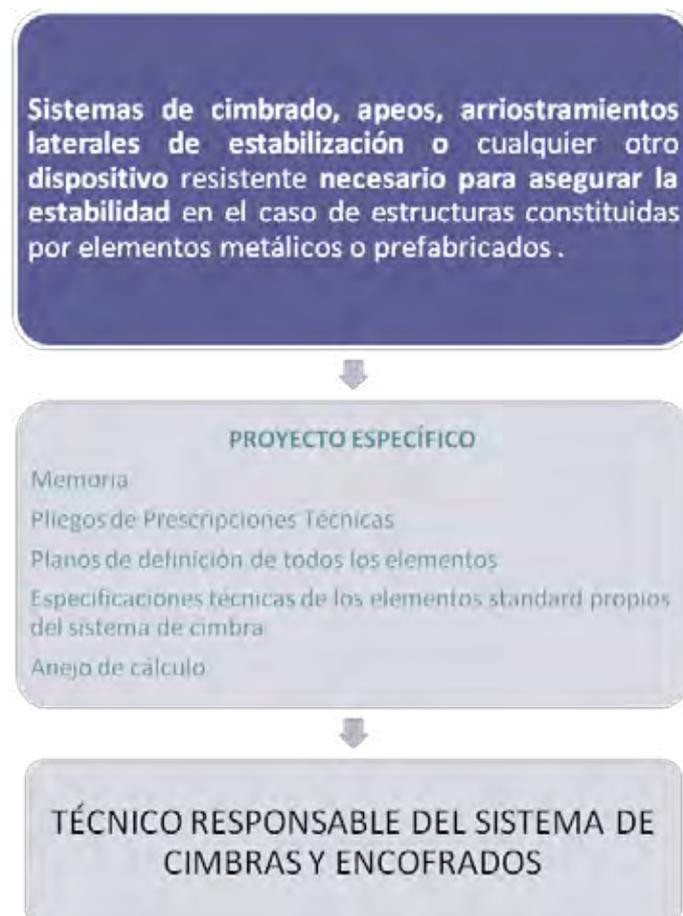


Fig. 49 – Resumen básico de las Recomendaciones con las condiciones exigibles al proyecto, diseño, montaje y utilización de cimbras en las obras de MINTRA.

### 3.1.2. CONSIDERACIONES PREVENTIVAS FRENTE A LOS RIESGOS ESPECIALES Y ESPECÍFICOS RELACIONADOS CON EL USO DE ENCOFRADOS

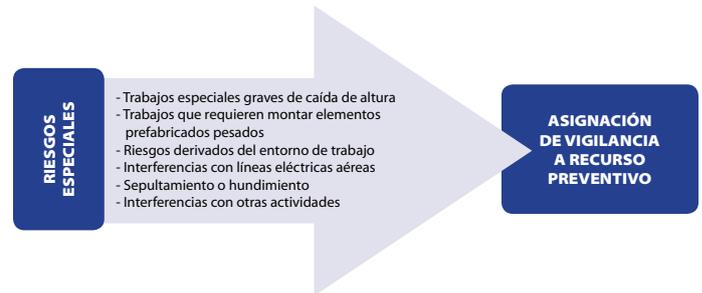
Además de la incidencia en la seguridad en los trabajos de ejecución de encofrados de las consideraciones técnicas ya descritas hay otros dos aspectos fundamentales en la unidad de ejecución de encofrados que inciden directamente en la seguridad de los trabajos.

1.- El primero es la **manipulación con medios mecánicos de elementos prefabricados**. Sin duda, desde la manipulación de los pequeños paneles de encofrado, habitualmente mediante el empleo de grúas cargadoras, hasta los desplazamientos y movimientos de los tramos de encofrados trepantes mediante el empleo de grandes grúas móviles o grúas torre o de grandes encofrados cimbrados o sistemas de encofrados horizontales, se generan importantes riesgos en esta unidad por **caída de objetos desprendidos o en manipulación** o por golpes con objetos.



Fig. 50 – Manipulación de mesa de encofrado mediante grúa torre

2.- El segundo de estos aspectos es la necesidad de la realización de **trabajos en altura, con el consiguiente riesgo** asociado. En la práctica totalidad de los trabajos de encofrados (si exceptuamos los pequeños encofrados de losas sobre el terreno o elementos de cimentación sobre el terreno) las unidades de obra en las que interviene la actividad de encofrar implican trabajos en diferentes niveles con el consiguiente riesgo de **caída a distinto nivel**, siendo en gran parte de los casos, riesgos especialmente graves por las grandes alturas de trabajo (encofrado de pilas, tableros y losas de estructuras de obra civil y de edificación).



La aparición o presencia de estos **riesgos especiales** implica la necesaria obligación de **asignar una vigilancia permanente** a los trabajos por parte del contratista a través de un **recurso preventivo asignado al tajo o actividad**.

En los casos en los que no existiesen riesgos especiales, deberá analizarse la interferencia de los trabajos de encofrados con otras actividades para planificar las necesidades de vigilancia de los trabajos y asignar los recursos necesarios.

### 3.1.3. CONSIDERACIONES PREVENTIVAS RESPECTO DE LOS RIESGOS DERIVADOS DEL ENTORNO DE TRABAJO

Son varios e importantes los aspectos a tener en cuenta desde la óptica preventiva, que no derivan directamente de la actividad de **ejecución de los encofrados**, sino del entorno en el que se realiza el trabajo y que resultan de especial gravedad.

1.- Uno de estos aspectos es el de la **ejecución de encofrados por debajo de la cota del terreno** (encofrados de cimentaciones directas, losas y encepados de cimentaciones profundas).

En estos casos, como ya se ha señalado anteriormente, resultan fundamentales para la seguridad de los trabajos las consideraciones preventivas relativas a la **estabilidad de las excavaciones** para evitar o controlar los graves riesgos de sepultamiento existentes en la ejecución de encofrados en estas unidades. Al igual que el resto de actividades (excavación, nivelación, colocación de tuberías, disposición de armaduras y hormigonados,..) esta problemática preventiva debe estar resuelta en origen con la previsión de los sistemas de excavación y ejecución de la misma de acuerdo a las características geológicas y geotécnicas del terreno y las previsibles afecciones externas al mismo. En otros casos, cuando no haya sido posible la adopción de soluciones en origen deberán haberse previsto **sistemas de protección o contención del terreno** que permitan la ejecución de las actividades,



en este caso, encofrados, con una protección adecuada frente a los riesgos de sepultamientos, atrapamientos o golpes por desprendimiento del terreno.

- 2.- El segundo y más habitual aspecto a tener en cuenta derivado del entorno en el que se realizan los trabajos es el de la **presencia de servicios afectados y su interferencia con los trabajos de encofrado**. Esta situación de interferencia suele producirse en la mayor parte de los casos por la presencia de **conducciones eléctricas** aéreas en las zonas de trabajo y la utilización, en el caso de encofrados de equipos de elevación de cargas (grúas móviles grúas torre o grúas autocargantes) que puedan interferir en la zona de seguridad de estas conducciones.

Al igual que en el caso anterior, **estas situaciones deberán estar solventadas en origen para evitar los riesgos en las fases posteriores de ejecución de los trabajos de encofrado**, para lo cual se recomienda anticipar su retranqueo con anterioridad al inicio de los trabajos.

Cuando no se haya dado esta solución o cuando a pesar de haberse realizado la reposición las conducciones sigan interfiriendo por la casuística del trabajo a realizar (empleo de equipos de elevación de cargas fundamentalmente) deberán **adoptarse otros sistemas de prevención (corte de suministro) o de protección (pantallas, elementos de contención, limitadores de giro o de altura, ...)** frente a los riesgos generados por estos servicios.

- 3.- Por último, deberán solucionarse las previsible **interferencias de los trabajos de encofrado con terceros, o con infraestructuras próximas** (líneas ferroviarias, carreteras o calles aledañas a los trabajos). De esta forma deberá preverse la presencia y situación de estas infraestructuras para analizar y resolver las posibles interferencias, que normalmente se centrarán en la caída de materiales durante las fases de montaje, utilización o desmontaje. En el caso de afecciones a infraestructuras en explotación deberán establecerse medidas de cerramientos o balizamientos para evitar los riesgos del tráfico de las infraestructuras (vial o ferroviario) sobre los trabajadores.

### 3.1.4. CONDICIONES HIGIÉNICAS EN LA EJECUCIÓN DE ENCOFRADOS

Los riesgos higiénicos presentes en la ejecución de encofrados están relacionados fundamentalmente con la utilización y puesta en obra del **hormigón** y de **productos desencofrantes**. Por relación con la unidad de obra se pueden considerar también los riesgos higiénicos

derivados del cemento presente en el hormigón de las estructuras a ejecutar.

El desencofrante desempeña un papel importante en la calidad de la superficie del hormigón al poder conseguir que estas superficies estén libres de huecos superficiales y con uniformidad de color. Por tanto, su aplicación se debe realizar de una manera uniforme y en capas delgadas, observándose en todo momento las reglas de utilización y correcto uso.

En este sentido, los riesgos derivados del uso de desencofrantes tienen su origen en que la mayor parte de los mismos tienen base mineral, encontrándose habitualmente en su composición, ácidos grasos, morfina y destilados del petróleo. En contacto con piel, ojos y membranas mucosas, éstos productos pueden causar irritación o ser corrosivos; sensibilización alérgica y dermatitis en caso de contacto prolongado; llegando a causar cáncer por la exposición a nieblas de aceite mineral. En la actualidad, existen en el mercado alternativas a estos productos, consistentes en **desencofrantes con base vegetal, inocuos para la salud de los trabajadores**. En todo caso, la **utilización del producto desencofrante se realizará en todos los casos según indique la ficha de seguridad del producto** y respetando las medidas preventivas dadas por el fabricante para su manejo y utilización.

### 3.1.5. FORMACIÓN E INFORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES

Resulta evidente que teniendo en cuenta los principios generales comentados respecto a los graves riesgos que pueden derivarse de la unidad de obra de ejecución de encofrados los trabajadores implicados en estos trabajos deberán disponer de una **formación e información de riesgos específica** y acorde a los trabajos a acometer. En particular;

- Deberá acreditarse que los trabajadores han recibido una **formación teórico-práctica** en materia de prevención a través del Servicio de Prevención Ajeno, del Servicio de Prevención Propio o de una Entidad Acreditada. En los ámbitos de la construcción, el metal y la madera; esta formación mínima se encuentra perfectamente definida en sus Convenios Colectivos, existiendo actualmente acuerdos de homologación de contenidos. A este respecto, en el caso de los encofrados, todo trabajador deberá estar en posesión de la formación mínima de **8 horas correspondiente al Aula Permanente** más el contenido específico de **20 horas sobre encofrados** (art. 147 del IV Convenio General de la Construcción 2007-2011). Esta

formación se complementará con la información y/o formación específica proporcionada por el fabricante del sistema concreto que se va a emplear en obra.

- ▶ Todas las operaciones de montaje y desmontaje de cualquier encofrado se realizarán según lo indicado en el Plan de Seguridad y Salud y en el **Proyecto de Instalación**. Serán planificadas, supervisadas y coordinadas por un **técnico** con la cualificación académica y profesional suficiente, el cual deberá responsabilizarse de la correcta ejecución de dichas operaciones y de dar las instrucciones o los trabajadores sobre la forma de ejecutar los trabajos correctamente.
- ▶ Previo a la puesta en carga del encofrado, el técnico responsable del montaje deberá acreditar que se han cumplido las condiciones de instalación previstas en el **Proyecto** o en el **manual del fabricante del sistema**.
- ▶ El manejo de **encofrados móviles** (carros de avance, encofrados autotrepantes,..) será realizado por personal especialmente formado y adiestrado que conocerá los riesgos inherentes a las distintas operaciones previstos en los manuales de utilización incluidos en el **Proyecto de Instalación**.

## 3.2.

### BUENAS PRÁCTICAS A CONSIDERAR EN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ENCOFRADO

Con carácter general, las propias **particularidades de cada obra y los requisitos específicos de las estructuras** a encofrar y su entorno, hace que en la mayor parte de los casos (y así lo prevén siempre las empresas fabricantes y suministradoras de encofrados), **el trabajo de encofrado requiere un análisis preventivo particular y específico** a desarrollar por las empresas contratistas a través del documento preventivo de la obra (Plan de Seguridad y Salud o Planificación preventiva en obras carentes de proyecto técnico).

En este apartado se pretenden recoger, analizar y desarrollar, con carácter no exhaustivo, los riesgos y medidas de prevención y protección que habitualmente se recogen o se deberían de recoger en el análisis preventivo de los trabajos de encofrado. Como complemento de las previsiones preventivas contenidas en este documento, conviene la consulta y análisis de las **Notas Técnicas de Prevención, que referentes a temas de encofrados** son publicadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, habiéndose recogido en este documento algunas de las mismas. Estas notas pueden clasificarse en dos grandes bloques; por un lado las referentes a encofrados horizontales y por otro las notas referentes a encofrados verticales, que a su vez tratan sobre pilares y muros por un lado y de encofrados trepantes por otro. La relación de notas es la siguiente:

ENCOFRADOS HORIZONTALES	NTP 719: Encofrado horizontal. Puntales telescópicos de acero
	NTP 803: Encofrado horizontal: protecciones colectivas (I)
	NTP 804: Encofrado horizontal: protecciones colectivas (II)
	NTP 816: Encofrado horizontal: protecciones individuales contra caídas de altura
ENCOFRADOS VERTICALES	NTP 834: Encofrado vertical. Muros a dos caras, pilares, muros a una cara (I)
	NTP 835: Encofrado vertical. Muros a dos caras, pilares, muros a una cara (II)
	NTP 836: Encofrado vertical. Sistemas trepantes (I)
	NTP 837: Encofrado vertical. Sistemas trepantes (II)

Con el ánimo de realizar una recopilación de aquellas **buenas prácticas y medidas** que desde el punto de vista preventivo se considera deberían ser observadas en el manejo de encofrados, a continuación se realiza un desarrollo de las mismas diferenciándolas en función de la fase de ejecución en que se encuentran los trabajos. En este sentido, las fases contempladas son:

Fases de <b>acopio y trabajos previos</b> al encofrado	
Fases de <b>montaje, utilización y desmontaje</b> de los elementos del sistema de encofrado	Encofrados Horizontales
	Encofrados Verticales

### 3.2.1. BUENAS PRÁCTICAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS EN LOS TRABAJOS DE ACOPIO Y TRABAJOS PREVIOS AL ENCOFRADO

En este apartado se analizarán las principales consideraciones y **medidas preventivas** a tener en cuenta en las **actividades previas y acopios de materiales** para la realización de trabajos de encofrado, siendo las consideraciones recogidas en este apartado comunes para todos los sistemas de encofrado. En este sentido, la recepción en obra comprende la llegada de material para la ejecución del encofrado y la armadura, su descarga y el acopio hasta su uso o acopios intermedios.

En la ejecución de los encofrados se utilizan gran cantidad de materiales voluminosos y pesados, por lo cual, la primera **planificación** a realizar antes de comenzar los trabajos es la **del espacio en obra para el acopio de material de encofrado y de los elementos auxiliares** que acompañan a esta actividad. Igualmente, es importante **prever los equipos de elevación y manipulación de cargas** en función de la carga y el alcance necesarios, así como el posicionamiento y movimientos de estos equipos.

A continuación recogemos un listado de medidas de prevención para los riesgos definidos en el apartado 2.3 del presente documento:

#### RIESGO ATRAPAMIENTOS POR O ENTRE OBJETOS

##### MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS

Deberá establecerse una coordinación entre el gruista y el operario que engancha o guía la carga. De acuerdo al *REAL DECRETO 837/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción técnica complementaria "MIE-AEM-4" del Reglamento de aparatos de elevación y mantenimiento, referente a grúas móviles autopropulsadas*, es obligatorio designar un **Director de operaciones de la grúa**, responsable de la dirección y supervisión de los movimientos y maniobras de la grúa, de la zona de batido de las cargas y de la comunicación con el operador de la grúa móvil.

Igualmente, es responsabilidad de la empresa usuaria de la grúa llevar a cabo, con personal debidamente formado, las labores de estrobaje y señalización necesarias.

Se recomienda la utilización de los medios adecuados para el estrobaje, de acuerdo con lo establecido por el fabricante de la grúa.

Antes de iniciar el izado, y durante el transporte y el posicionamiento de la carga, sólo permanecerán en la zona los operarios necesarios para la maniobra. Los operarios no se aproximarán a la carga hasta que ésta no se encuentre a menos de 0,5 m del suelo o en su posición de apoyo.

Los materiales serán guiados con cabos o cuerdas guía.

#### RIESGO ATRAPAMIENTOS POR VUELCO DE MÁQUINAS Y/O VEHÍCULOS

##### MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS

Las grúas se ubicarán en zonas **estables, uniformes y niveladas** y se utilizarán los elementos de estabilización de los que dispongan apoyados en zona segura.

Se deberán atender los siguientes aspectos:

- ▶ En la elección de la grúa, ésta tendrá la capacidad adecuada para los servicios que se solicitan.
- ▶ Se procurará la eliminación de obstáculos que impliquen riesgos, incluidas las líneas eléctricas de alta y baja tensión con conductores desnudos, o, en caso de ser imposible su eliminación, la toma de las medidas preventivas oportunas.
- ▶ Se comprobará que el terreno sobre el que va a trabajar y circular la grúa tenga la resistencia suficiente.



## RIESGO ATRAPAMIENTOS O GOLPES POR VEHÍCULOS

### MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS

Se preverán zonas de tránsito para los vehículos con la correspondiente señalización.

Se prohibirá la presencia de personas en la zona de acción de los vehículos. Se habilitarán pasillos o zonas para el paso de peatones.

Cuando se cargue o descargue sobre un camión, éste se encontrará totalmente parado, y en su caso, calzado e inmovilizado.

Se acotará la zona de carga o descarga, mediante vallado o balizamiento a una distancia mínima de **dos metros** de las zonas de tránsito de vehículos. Así mismo, se acotarán eficazmente las zonas de posible paso de personas o permanencia de las mismas durante las operaciones de manipulación de cargas para evitar la presencia en la zona de batido de cargas.

Utilización de prendas reflectantes por parte del personal que intervenga en la zona de influencia de los vehículos o junto a calzadas o vías públicas.

## RIESGO CAÍDA A DISTINTO NIVEL

### MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS

Cuando se cargue o descargue desde un camión, éste se encontrará totalmente parado y en su caso tendrá los estabilizadores extendidos para evitar movimientos o basculamientos

El acceso a la caja del camión se realizará por los sistemas previstos en el mismo. En su defecto se utilizará una escalera de mano.

Se prohibirá transportar personas con equipos de elevación de cargas o cualquier otro equipo no destinado a la elevación de personas.

Deberán evitarse acopios de encofrados de altura superior a 2 m. Cuando no sean accesibles los puntos de enganche desde el nivel del suelo, los trabajadores realizarán el eslingado desde elementos auxiliares protegidos o desde escaleras de mano, cumpliendo las prescripciones previstas en el R.D. 1215/1997.

## RIESGO CAÍDA AL MISMO NIVEL

### MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS

Las zonas destinadas a la descarga, el paso y el acopio de encofrados estarán libres de objetos. Se mantendrán pasillos amplios en la zona de acopio. Las superficies de paso de personal serán homogéneas y estables, libres de objetos y sin derrames que puedan provocar resbalones.

Los salientes y bordes de los acopios deberán estar señalizados.

## RIESGO CAÍDA DE OBJETOS POR DESPLOME O DERRUMBAMIENTO

### MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS

El acopio de materiales se realizará de **forma estable**, calzándolos en su caso. Deberán recabarse del fabricante o suministrador las normas de acopio de cada tipo de piezas que conforman los encofrados.

El acopio de paneles se realizará en un plano horizontal, utilizando durmientes para su nivelación y separación entre paneles.

En caso de acopio en vertical, los paneles se dispondrán con una inclinación tal que evite su deslizamiento y el abatimiento. Los paneles estarán correctamente acuñados.

No se establecerán zonas de acopios en bordes de vaciados o de excavaciones.

El acopio de puntales metálicos, bien para el soporte en encofrados horizontales, bien para el apuntalamiento de encofrados verticales, se realizará en **contenedores metálicos** abiertos y encinchados.



El proceso de descarga se realizará de tal forma que se eviten deslizamientos de la carga dentro de la caja del vehículo.

Si los paneles de encofrado se acopian en obra de manera permanente, las piezas se mantendrán limpias y se apilarán sobre durmientes de madera. Se evitarán vuelos mayores de 50 cm y la altura del acopio será inferior a 1,50 m, salvo que el fabricante indique otros valores.

En general el transporte de material de tamaño reducido se hará en bandejas, jaulas, contenedores o dispositivos similares dotados de laterales fijos o abatibles. Estos contenedores deberán ser iguales para permitir un apilado seguro.

El material transportado no rebasará la altura de los laterales.

Debido a la superficie especialmente deslizante de los paneles de encofrado fenólicos, éstos se acopiarán en posición perfectamente **horizontal** para evitar su deslizamiento.

## **RIESGO CAÍDA DE OBJETOS DESPRENDIDOS**

### **MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS**

La zona de acopio no presentará por sí misma riesgo de caída de sus elementos, no acopiándose junto a vaciados, excavaciones o bordes de forjados.

Se utilizarán guardacabos para proteger las anillas de suspensión, así como cantoneras para la protección de eslingas.

Las eslingas, cables y ganchos de amarre estarán dimensionadas para las cargas a elevar.

La grúa autopulsada no se desplazará con cargas suspendidas.

No se realizarán tiros oblicuos con las cargas.

Se garantizará el campo visual del gruista durante todo el proceso de traslado, en caso contrario se acompañará de señalista y ambos mantendrán comunicación permanente.

Las cargas no se trasladarán por **encima de los trabajadores**. Deberán coordinarse los trabajos para evitar trabajos en la misma vertical durante la manipulación y acopio de los encofrados y el resto de material auxiliar.

Durante la descarga y acopio de los materiales, sólo permanecerán en la zona de trabajo los trabajadores encargados del mismo.

En el izado de los distintos elementos de los encofrados se usarán los útiles específicos y los métodos indicados por el fabricante.

Previamente al izado de módulos de encofrado se comprobará que los accesorios están en perfecto estado de utilización, son acordes con la carga y están correctamente cogidos a la misma.

Antes de proceder a la elevación de las piezas prefabricadas, se revisarán los puntos de anclaje de los estrobos y el estado de los mismos.

Las eslingas y útiles de elevación se revisarán antes del inicio de los trabajos, desechándose aquellos que estén en mal estado.

Para la elevación de cargas pesadas o voluminosas será conveniente el uso de balancines.

Las cestas metálicas se izarán suspendidas de cuatro puntos, uno por esquina.

No se suspenderán cargas enganchadas a elementos improvisados en obra.

La elevación o descenso de cargas se hará lentamente, evitando toda arrancada o parada brusca, haciéndolo siempre en sentido vertical, para evitar el balanceo.

El izado de las sopandas y en general de elementos alargados, al forjado en construcción, se hará suspendiendo la carga en dos puntos separados lo suficiente para que la carga permanezca estable.



## **RIESGO**      **GOLPES CON OBJETOS**

### **MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS**

Los paneles y resto de material de grandes dimensiones deben ser guiados con cabos o cuerdas. En ningún caso se guiarán las cargas pesadas directamente con las manos.

Los elementos sueltos se transportarán en cestones, bateas metálicas o plataformas con cartelas.

En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas.

Una vez enganchada la carga, el operario se situará **fuera del radio de acción** de la misma.

Se acotarán las zonas de tránsito de personas para evitar que sean golpeadas por las cargas o materiales transportados.

## **RIESGO**      **GOLPES, PINCHAZOS O CORTES CON OBJETOS O HERRAMIENTAS**

### **MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS**

Se extraerán los clavos o puntas de la madera o encofrados usados. Durante el desmontaje de los encofrados no se dejará ningún resto en el mismo que pueda generar riesgos durante su manipulación, almacenamiento o acopio.

El manejo de los encofrados y elementos auxiliares de esta actividad deberá realizarse siempre mediante el empleo de guantes

Los clavos sueltos o arrancados se eliminarán mediante barrido y apilado para su posterior retirada.

Una vez concluido un determinado tajo, se limpiará eliminando todo el material sobrante, que se apilará en un lugar conocido para su posterior retirada.

## **RIESGO**      **SOBRESFUERZOS**

### **MEDIDAS PREVENTIVAS Y BUENAS PRÁCTICAS**

Se evitará el transporte de cargas a mano, utilizándose los medios mecánicos necesarios o en su caso la colaboración entre dos o más personas.

Los operarios utilizarán preferiblemente cinturón tipo faja antilumbago en las operaciones repetitivas de manipulación manual de cargas.

Deberán organizarse los trabajos, con alternancia de trabajadores, para evitar la exposición continuada a los riesgos de sobreesfuerzos debidos al manejo manual de cargas.

### 3.2.2. BUENAS PRÁCTICAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS EN LAS DISTINTAS FASES Y TIPOS DE ENCOFRADOS

Para el tratamiento preventivo de los trabajos de montaje de encofrado analizaremos estos de forma diferenciada en cada tipo de encofrado y en las diferentes fases de montaje, uso (que podríamos considerar la colocación de armadura, el hormigonado y vibrado) y desmontaje.

## ENCOFRADO HORIZONTAL

### FASE DE MONTAJE

Con carácter general, el **entablado completo de toda la losa** empleado en losas macizas o aligeradas no se utiliza en todos los tipos de encofrados. Un ejemplo son los encofrados unidireccionales, donde habitualmente no se realizaba un entablado completo. En la actualidad, el entablado completo se utiliza en muchas ocasiones también para forjados unidireccionales, ya que los fabricantes suministran encofrados modulares de muy rápido montaje, lo que compensa el tiempo empleado en encofrar mayor superficie. Además, el encofrado completo facilita el posterior montaje de los elementos del forjado. En todo caso, y desde el punto de vista exclusivo de la seguridad, **el encofrado completo mejora las condiciones preventivas de los trabajos de ejecución de forjados.**

Entre los **sistemas de protección frente al riesgo de caída de altura** deberán considerarse fundamentalmente dos, cuya idoneidad variará en función de varios factores:

- ▶ El tipo de forjado o losa a ejecutarse.
- ▶ Las alturas de trabajo.
- ▶ La zona a proteger (protección de hueco horizontal o protección del borde de la losa).

En base a ello se planificará, bien la utilización de **protecciones de borde** dispuestas sobre el propio encofrado o sobre elementos auxiliares (normalmente andamios perimetrales), o bien se dispondrá de **redes de seguridad**. Hay que indicar en este punto, y a juicio de los autores, que la mejor protección de borde de los encofrados horizontales para forjados de pequeña altura consiste en la disposición de sistemas de **andamiaje perimetral**, los cuales permiten no solo el acceso e incluso montaje de partes del encofrado de borde de la losa o forjado, sino también la protección de borde frente al riesgo de caída de altura.



Fig. 51 – Andamio perimetral a la estructura de la edificación

La alternativa de protecciones de borde pasa por la instalación de **barandilla perimetral integrada en el encofrado**, sistema que debe ser instalado sobre elementos resistentes del encofrado y no sobre los paneles o tableros de encofrado. Recordar en este punto, que las protecciones de borde deben cumplir las especificaciones y requisitos de los sistemas clase A especificados en la norma UNE-EN 13374:2004, de acuerdo al sistema facilitado por el fabricante.

En cuanto a la disposición de protecciones de borde debe tenerse en cuenta que en las zonas **perimetrales del forjado, la protección deberá estar retranqueada del borde de la losa** una determinada distancia que facilite la ejecución del encofrado de borde del tablero o losa y permita además los desplazamientos de los trabajadores de forma segura.

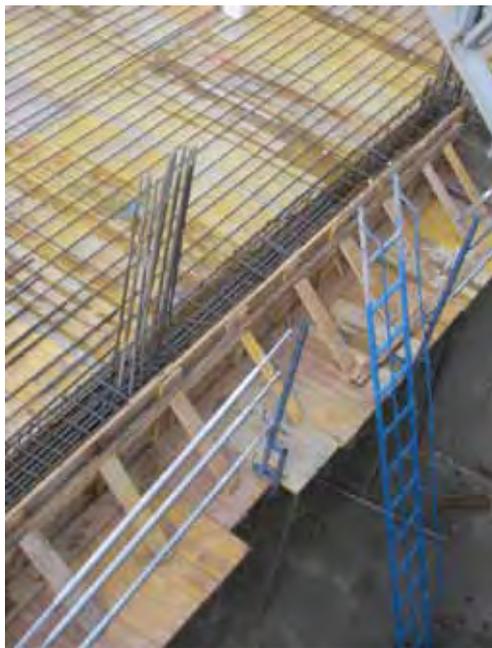


Fig. 52 - Pasillos de encofrado en el borde de estructuras de edificación y de obra civil.

En lo relativo a la implantación de **redes de seguridad** hay que considerar que para forjados de poca altura el uso de protecciones colectivas tipo red de horca o de bandeja para la protección perimetral **no resulta operativa** por no disponer del suficiente volumen libre bajo las mismas. En este sentido, se ha de tener en cuenta el espacio inferior necesario con el fin de que en caso de caída de un trabajador y la correspondiente elongación de la red, éste no se golpee con elemento alguno. En definitiva, y dependiendo de las alturas y número de forjados, la instalación de redes suele disponerse a partir del segundo nivel de forjados.



Fig. 53 - Redes tipo horca en forjados de edificación

En el caso de las **redes tipo V** (redes tipo horca) y las **redes de bandeja**, no se instalan exclusivamente para la fase de ejecución del encofrado del forjado, sino que su protección se extiende a los trabajos que se realizan en el nivel inferior una vez ejecutado el forjado o la losa.

Siempre que resulte posible, las protecciones colectivas deberán anteponerse a las individuales, y en el caso del montaje de los paneles del encofrado horizontal o de las bovedillas en el caso de montaje de encofrados unidireccionales sin entablado completo, deberían utilizarse **redes de seguridad horizontales** bajo la zona de montaje. Estas redes serán **Sistemas tipo S**: Red de Seguridad con cuerda perimetral para uso horizontal en cubiertas de naves, huecos de losas y forjados y trabajos especiales.

En relación con lo anterior, y debido a que los sistemas tipo S tienen una aplicación restringida y complicada en la ejecución del encofrado de los forjados, recientemente se están comercializando y ya se observan en las obras las conocidas como **redes bajo forjado**, de las que se consideran dos tipologías, recuperables y no recuperables. Estas **Redes de Seguridad bajo forjado** no están recogidas en la Norma UNE-EN 1263-1. Actualmente, el grupo de trabajo AENICTN-081/SCIGT-6, constituido en el marco de AENOR, está analizando los requisitos mínimos de seguridad y los métodos de ensayo de este tipo de redes, entre ellos, que deben colocarse como máximo a 1 m por debajo del entablado, siendo más eficaz cuanto más cerca de este se encuentre.



Fig. 54 - Marcado y montaje de redes bajo forjado.

El **montaje de las protecciones colectivas**, tanto de redes como de protecciones de borde **deberá considerarse como una actividad** más dentro de la planificación preventiva de la obra. Por tanto, deberán identificarse los riesgos de su montaje y definir los procedimientos, medidas y protecciones para evitar o proteger tales riesgos. En el caso de las **redes tipo horca** se deberá **planificar en el forjado anterior los elementos de sustentación para el soporte** de los mástiles que sirven de sustentación a la red.

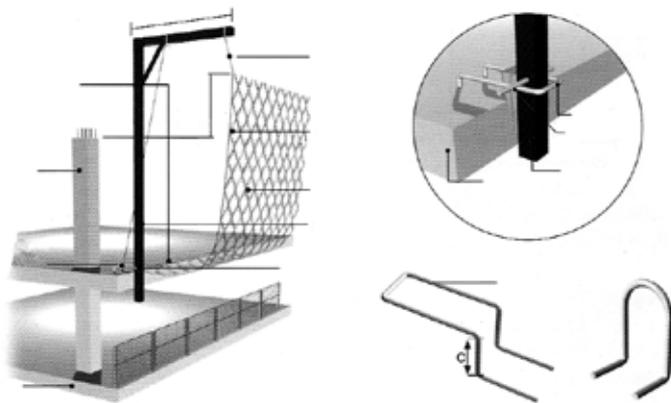


Fig. 55 - Elementos en forjados para montaje de redes tipo horca.

En el caso de las **barandillas**, éstas se pueden disponer con los mismos procedimientos con los que se realiza el montaje de los elementos del encofrado, normalmente desde la torre de andamio o, en su caso, desde las plataformas del andamio perimetral.



Fig. 56 - Utilización de protección individual (arnés de seguridad) para el montaje de protecciones de borde.

En muchos casos, para la instalación de las protecciones colectivas puede ser necesaria la utilización de equipos de protección individual frente al riesgo de caída de altura (línea de vida, percha, ...) junto a la utilización de arneses de seguridad en cualquiera de los forjados. También es habitual, y con más motivo teniendo en cuenta que los sistemas de redes bajo forjado no son todavía un sistema normalizado, la utilización única o como complemento de las redes, de líneas de vida o puntos fijos de anclaje y arnés de seguridad en los trabajos de montaje del entablado. En relación a esto, la **NTP 816: Encofrado horizontal: protecciones individuales contra caídas de altura** proporciona una buena guía para la utilización de estos sistemas de protección.



Fig. 57 - Sistema de percha para utilización de arnés de seguridad

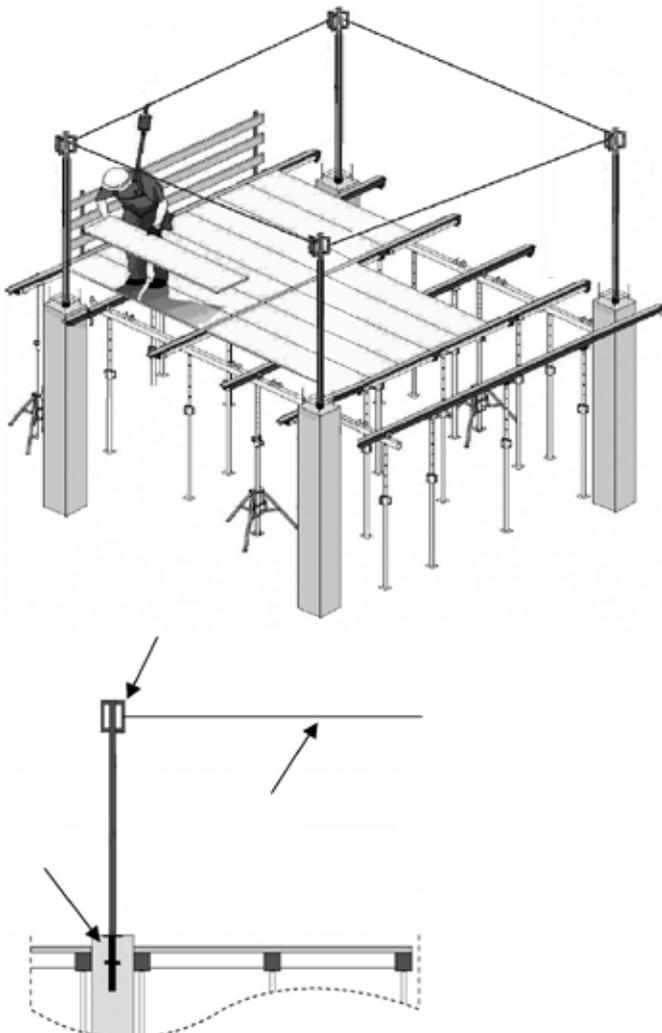


Fig. 58 - Sistema con mástiles para montaje de línea de vida

## CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS PARA LAS CIMBRAS

Como ya se ha comentado, la exigencia que hace necesaria la **utilización de cimbras** para el montaje de un encofrado horizontal está **relacionada con la altura de la losa o forjado** respecto al nivel anterior o al terreno y **las cargas a soportar**. Esto hace que el campo habitual de utilización de las cimbras lo encontremos en encofrados de elementos estructurales de la obra civil y de grandes edificaciones no residenciales.

Exceptuando las cimbras conformadas con puntales arriostrados, que pueden considerarse un paso intermedio entre los encofrados de forjados con puntales y las cimbras, éstas últimas **requieren de un montaje sucesivo en altura** con barras que unidas conforman un mecano cuyo objetivo es el reparto de las cargas al terreno. Este montaje en altura confiere las peculiaridades preventivas a tener en cuenta en el montaje de cimbras, y que fundamentalmente se centran en solucionar el riesgo de caída de altura de los operarios que realizan el montaje. Un segundo factor de riesgo lo encontramos en el suministro del material a los puntos de montaje.

En cuanto al primer aspecto, el del **riesgo de caída de altura**, los montajes tradicionales de cimbra prevén como única alternativa la utilización del arnés de seguridad que, en el mejor de los casos, incluye el doble gancho o amarre para garantizar que el operario se encuentre atado en todo momento en sus desplazamientos por la cimbra. Este método, además de la dependencia que supone de la actitud del trabajador, supone que la superficie de apoyo de los trabajadores son los propios listones. Por ello, debe analizarse el uso de cimbras que dispongan de **torres de acceso entre cada nivel** y de **plataformas en cada nivel para el montaje del siguiente**, medida ésta última que es si cabe más importante en el último nivel, el cual sirve de base para el montaje de las vigas riostras y sopandas de apoyo del encofrado. En la misma línea, se debe analizar el uso de equipos que permitan el **montaje de castilletes en horizontal sobre el suelo**.



Fig. 59 Montaje de cimbras con escalera y plataformas de acceso.

En lo que se refiere al **montaje del encofrado**, un procedimiento adecuado que mejora la seguridad consiste en el **posicionamiento conjunto de las vigas riostras, sopandas y tablero de encofrado sobre la cimbra**. Este procedimiento es habitual en el caso de tableros de puentes, donde el conjunto antes definido (que habitualmente se conoce como barco) **se premonta a nivel de suelo** y se posiciona con grúas sobre la cimbra ya montada. Este sistema reduce la exposición a los riesgos de caída de altura, pero supone importantes riesgos derivados de la elevación y manipulación de cargas con medios mecánicos, por lo que antes de realizar el izado **el técnico responsable del montaje deberá comprobar toda la estructura, especialmente los puntos de izado**. Además, este procedimiento permite incluso el **montaje de las protecciones de borde del tablero conjuntamente con todo el encofrado**, ventaja que supone la reducción de los riesgos de caída de altura durante la fase del encofrado y durante el montaje de los propios sistemas de protección de borde. De forma complementaria, en estos montajes es importante definir y planificar que en el caso de no realizarse un montaje consecutivo de todos los barcos, prever una protección de borde en el frontal del último tramo dispuesto.



Fig. 60 - Posicionamiento de barcos sobre cimbra con protecciones de borde integradas

En otras cimbras, el montaje del encofrado se realiza por elementos una vez que se ha conformado la cimbra. Tras éstas se disponen las vigas riostras y sobre ellas las vigas de reparto sobre las que se clavan los paneles de encofrado. En estos casos resulta obligado el uso de protecciones tipo **arnés de seguridad**. Para ello, previamente deberán haberse dispuesto los **sistemas de línea de vida** o puntos fijos de amarre.

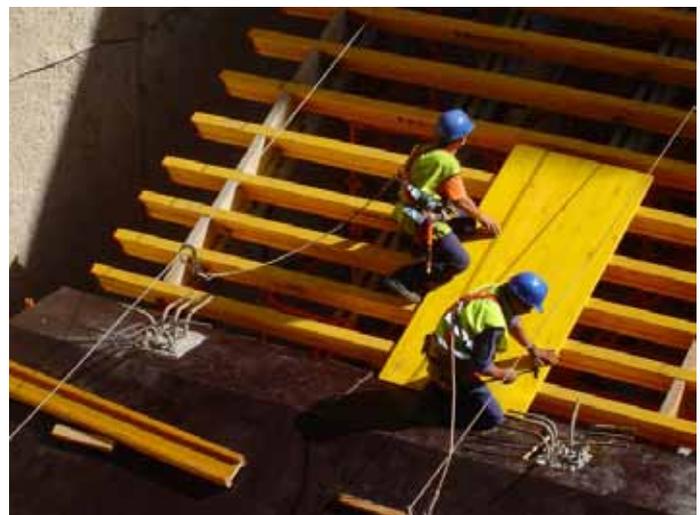


Fig. 61 - Utilización de arnés de seguridad en el montaje de encofrado sobre cimbra.

Otro de los principales aspectos a considerar en la ejecución de encofrados horizontales es la necesidad de **garantizar la estabilidad de los elementos durante su montaje** para evitar los riesgos de caídas de objetos desprendidos o en manipulación.

En lo relativo a las actuaciones frente a los riesgos de **caída de objetos en manipulación o de objetos desprendidos** correspondientes a los puntales, riostras y sopandas que sirven de base para el enladrado debe garantizarse un **adecuado arriostramiento y sujeción entre ellos**. Los sistemas actuales disponen de sistemas de **enganche fácil**, pero en los enladrados tradicionales, donde se utilizan sopandas y riostras de madera este arriostramiento se suele llevar a cabo mediante cuñas y puntas.

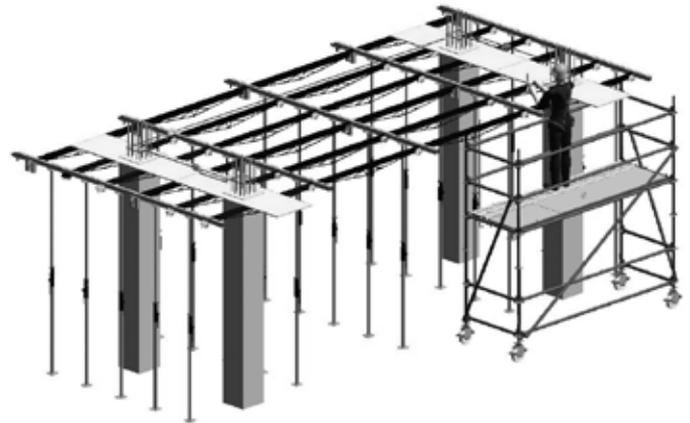


Fig. 63 - Andamios empleados en montaje de elementos de soporte de forjados unidireccionales.



Fig. 62 - Diferentes sistemas de arriostramiento de puntales y sopandas.

Para el montaje de estos elementos deben emplearse, dependiendo de la altura, **elementos auxiliares** adecuados, y de manera preferente, **andamios multidireccionales** ajustados a la norma UNE-HD 1004:1994 (*Torres de acceso y torres de trabajo móviles construidas con elementos prefabricados. Materiales, medidas, cargas de diseño y requisitos de seguridad*).

Además, algunos de los puntales comercializados en la actualidad disponen de **trípodes de apoyo** para garantizar estabilidad y verticalidad.



Fig. 64 - Trípodes de estabilización de puntales

Durante la fase de encofrado se deberá cuidar también que **no se dispongan acopios excesivos** del material de montaje que hagan peligrar la estabilidad del enco-

frado, y del mismo modo, las zonas donde se depositen los acopios deberán estar estabilizadas y arriostradas. Estos extremos deberán ser previstos en el procedimiento de montaje y en los cálculos del encofrado, realizándose el montaje de los paneles de encofrado únicamente en las zonas donde se haya asegurado previamente la estabilidad de los puntales y las sopandas.

Para evitar los **riesgos de caída de objetos desprendidos o en manipulación**, durante los trabajos de montaje del encofrado se deben **prohibir los trabajos en la misma vertical** en el forjado inferior. Además, durante los trabajos de encofrado de borde se deberá **señalar y delimitar** la zona de caída de materiales para evitar las interferencias con otras actividades, siendo el suministro del material al forjado en ejecución en las mismas condiciones de estrobaje y arriostramiento definidas en el apartado de trabajos previos y acopios.

### FASE DE UTILIZACIÓN DEL ENCOFRADO. HORMIGONADO Y VIBRADO

El **correcto arriostramiento** del encofrado es fundamental para que en las fases de colocación de la armadura, y especialmente de hormigonado, todo el soporte funcione de forma solidaria evitando el colapso del forjado. Para ello, como ya se ha definido en los aspectos generales, los **elementos auxiliares deberán proyectarse y calcularse** para resistir los esfuerzos a los que van a estar sometidos durante las fases de puesta en carga. Asimismo, deberá evitarse el acopio excesivo y puntual de armadura sobre el forjado, debiendo repartirse por las zonas de montaje.

Para el hormigonado deberá establecerse un **plan de hormigonado**, en el que se definan el **tipo de hormigón y la velocidad de hormigonado**. Además, deberá definirse la **secuencia de hormigonado**, ya que las diferentes combinaciones de carga que se producen durante el hormigonado pueden afectar de forma conflictiva en los elementos de soporte de la estructura completa una vez hormigonada, por lo que deberán evitarse las acumulaciones de hormigón vertido sobre el encofrado. También durante la fase de hormigonado deberán **preverse los elementos** necesarios para la disposición o soporte de las **protecciones colectivas en fases posteriores**. Algunos ejemplos de estos medios son los cartuchos embebidos para el montaje de barandillas o como ya se ha comentado los puntos de arriostramiento y anclaje de los soportes para redes tipo horca de protección de los siguientes forjados.



Fig. 65 Soportes y protección de borde en losas y forjados ejecutados

### ACCESOS AL ENCOFRADO

Para el **acceso a las zonas de trabajo** deberán emplearse medios seguros, debiendo adaptarse tanto a las alturas como al grado de utilización de los mismos. En el caso de accesos a **forjados de una única altura** se emplearán habitualmente **escaleras de mano**, debiendo garantizarse su correcto apoyo, incluso con tacos para evitar el deslizamiento y el arriostramiento en la parte superior. Las escaleras deberán cumplir el resto de prescripciones previstas en el apartado específico del R.D. 1215/1997 de equipos de trabajo.

Para **alturas de más de un forjado** y con una utilización importante deberán utilizarse **torres de andamio** de acceso, las cuales también se emplean en el caso de forjados de edificios singulares de alturas superiores a las de edificios residenciales y en el caso de obras civiles para el acceso a losas de estructuras. Por su parte, para el acceso a estructuras y forjados de gran altura y con un uso habitual por parte de los trabajadores puede preverse y planificarse la utilización de **ascensores de obra** u otros medios de acceso mecanizados.

En el caso de obras de edificación resulta conveniente la **ejecución simultánea** de los forjados y las escaleras definitivas. Con el fin de que estas escaleras definitivas resulten operativas como sistema de acceso durante la obra, habrá que realizar un **peldañeado** de las mismas, bien definitivo o con elementos de madera o prefabricados provisionales.



Fig. 67 Encofrado simultáneo de escaleras de acceso entre forjados

### CONSIDERACIONES PREVENTIVAS ESPECÍFICAS DE LAS LOSAS SOBRE EL TERRENO

En el caso de los encofrados perdidos de las losas que se ejecutan contra el terreno, al conformarse con encofrados de superficie fenólica muy deslizante, es fundamental la utilización de **calzado antideslizante** por parte de los trabajadores.

### FASE DE DESENCOFRADO Y DESMONTAJE

Para el desencofrado se cumplirá el mismo procedimiento de trabajo que se ha establecido en la fase de encofrado, siguiendo la **secuencia inversa**. Así, deberán planificarse las condiciones bajo las cuales se realiza el desencofrado teniendo en cuenta la previsiones del fabricante o suministrador.

Igualmente, en el caso de forjados, el **proyecto deberá definir el tiempo necesario para poder realizar el desencofrado y sobre todo el desapeo**, ya que el ritmo de ejecución normalmente invita a realizar el siguiente forjado en altura antes de que el hormigón del último forjado haya adquirido toda su resistencia. En todo caso hay un principio fundamental que se deberá cumplir en todos los casos de desmontaje de encofrados de losas o forjados, y es que **en ningún caso se podrán retirar los elementos de apuntalamiento y sostenimiento (puntales o cimbras) sin retirar los paneles de encofrado que sostenían**.

El desencofrado se realizará por fases, aflojando los usillos de los puntales o las cimbras, para posteriormente retirar los paneles que apuntalaban. Una vez retirados los paneles, se irán desmontando las riostras y sopandas junto con los puntales que las soportaban. En el caso de las **cimbras**, el desmontaje se realizará de arriba abajo en



Fig. 66 Sistemas de acceso a encofrados: escalera de mano y andamio

el proceso inverso al montaje; y en el caso de los encofrados de **grandes losas** (planas o de puentes) con elementos prefabricados tipo barco se instalarán pasadores en cada tramo de encofrado para, una vez retirado el apeo **descender el encofrado mediante trácteles** desde la parte superior de la losa.

Al desencofrar las losas se retirarán las **protecciones colectivas** empleadas para la ejecución de las mismas, sal-

vo que se hayan dispuesto en elementos externos (andamios) o en forjados o losas inferiores (redes tipo horca). Por ello, antes de realizar el desencofrado se habrán dispuesto las **protecciones colectivas en la estructura a desencofrar**. Estas protecciones consistirán habitualmente en protecciones de borde en el perímetro de las losas y protecciones de borde y/o redes horizontales o elementos de cubrición en los huecos horizontales.

## MEDIDAS Y PROCEDIMIENTOS INNOVADORES A CONSIDERAR EN LA UTILIZACIÓN DE ENCOFRADOS HORIZONTALES

### 1. MESAS DE ENCOFRADO

Un procedimiento innovador y con importantes mejoras desde la óptica preventiva y que comercializan varias empresas de encofrados son las **MESAS DE ENCOFRADO**.



Fig. 68 – Ejemplos de mesas de encofrado

Estas mesas permiten el montaje fácil y rápido de los encofrados, aportando además otra serie de **ventajas**:

Se caracteriza fundamentalmente por la **rapidez de encofrado, desencofrado y movimiento** de material, reduciéndose considerablemente la necesidad de mano de obra y obteniéndose grandes rendimientos. El sistema incluye además carros para desplazamiento sobre el terreno de apoyo.

No se desmontan los puntales durante el desencofrado o traslado de mesas.

La **nivelación es rápida y sencilla**, fruto de los pocos puntales a accionar

El **sistema es mucho más seguro** que el encofrado tradicional en varios aspectos:

El montaje del encofrado (incluyendo tablero) y barandillas se realiza a nivel de suelo, quedando sólo labores de remate en altura.

Las barandillas están incorporadas en las mesas perimetrales durante todo el proceso.

Resulta prácticamente imposible la caída de elementos del encofrado ya que están todos fijados desde el inicio al final de la obra.

## 2. ENCOFRADO DESDE EL NIVEL ANTERIOR

Este sistema, también innovador, consiste en el montaje de la mayor parte del encofrado de forjados desde el nivel anterior.



Fig. 69 – Sistema de montaje manual desde el nivel anterior.

La ligereza del encofrado permite su montaje con muy poca mano de obra y de forma fácil y segura. Cada panel se monta manualmente desde el nivel anterior, engancho de la riostra colocada en los paneles anteriores. La posición horizontal del panel se logra con los propios puntales que ya se montan en su posición definitiva.



Fig. 70 – Secuencia del montaje del forjado desde el nivel anterior.

Una de las importantes ventajas de este sistema es que, una vez montado el **emparrillado, éste es transitable**, permitiendo la colocación de los paneles de encofrado. Además, resulta necesaria la disposición de las protecciones de borde según se han definido para los encofrados tradicionales.

## ENCOFRADO VERTICAL

Dentro de los encofrados verticales se incluyen los **encofrados de muros y los encofrados de pilares y pilas**. Tanto en uno como en otro caso, cuando los elementos estructurales son de gran altura, en la que no es posible utilizar el terreno como apuntalamiento del sistema de encofrado se utilizan los encofrados **trepantes y auto-trepantes**.

### FASE DE MONTAJE

La gran mayoría de los encofrados verticales se realizan con elementos correspondientes a sistemas de encofrados comercializados por los fabricantes de encofrados, siendo habitual la utilización de sistemas de apuntalamiento y apeo independientes del sistema de encofrado. También es habitual que, en el caso de utilizarse plataformas de trabajo, éstas se conformen con materiales de la obra, no pertenecientes al sistema. En este punto, se debe recordar que la utilización de los sistemas debe ser realizada **con todos los elementos completamente instalados**.

Así pues, aunque en la práctica totalidad de las obras se utilizan como encofrados verticales de pilares y muros los paneles de sistemas de encofrado comerciales junto con sus elementos de unión, para la mejora de las condiciones de seguridad y resistencia de éstos encofrados deberán **utilizarse también los sistemas de apuntalamiento y las plataformas de trabajo comercializadas por cada fabricante para cada sistema de encofrado**, debiendo entenderse que son sistemas completos.

Si bien la consideración de las condiciones de resistencia del encofrado son más importantes para la seguridad de los trabajadores en la fase de puesta en carga del encofrado, es decir, durante el hormigonado, se deberá tener en cuenta también en la fase de montaje, especialmente durante el montaje de la primera cara de un encofrado. En este sentido, una vez posicionada la primera cara, y antes de soltar los elementos de elevación, deberá realizarse un **apuntalamiento y atirantamiento del panel para evitar su vuelco en cualquier dirección**, teniendo en cuenta las previsibles acciones exteriores.

Para realizar este arriostamiento no deben emplearse puntales tradicionales y alambre para atirantar, sino los **elementos de fijación del panel previstos por el fabricante**. Para la utilización de estos sistemas deberá preverse, en la mayor parte de los casos, la **preparación**

**del terreno en el trasdós** de las estructura, ya que se necesitará una superficie coherente a la que fijar los arriostamientos.



*Fig. 71 – Apeo provisional de paneles con puntales tradicionales y arriostamiento de sistema de encofrado*

Dependiendo de la altura de los muros deberá preverse el **acceso de los trabajadores** que deban realizar el deslingado de las cargas suspendidas. El mejor procedimiento consiste en la utilización de una plataforma elevadora, aunque dependiendo de la altura de trabajo es posible plantear otras posibles alternativas como el empleo de andamios autoestables.

Tras haberse encofrado el trasdós del muro se procede al ferrallado del muro. Este trabajo suele realizarse desde andamios. A este respecto, se debe prever que los andamios que se pudieran haber instalado para el montaje de la armadura no condicionen posteriormente el encofrado del intradós debido a su ubicación.



Fig. 72 – Montaje de encofrado entre la armadura y el andamio de montaje de ferralla.



Fig. 73 - Andamios autoestables en el intradós del muro, independientes del encofrado.

En cuanto a los **riesgos de caída de altura**, la planificación de soluciones constructivas y protecciones frente a este riesgo debe analizarse de forma conjunta para todo el proceso, ya que resulta más complicado y económicamente menos rentable un análisis independiente de cada fase (encofrado, armado, hormigonado y desencofrado), sin contar que en los trabajos entre una fase y la siguiente habría momentos en los que el riesgo no estaría controlado.

Para la utilización de andamios destinados a controlar el citado riesgo de caída en altura, es fundamental que en el trasdós de las estructura se haya **rellenado y compactado el espacio del entorno de la cimentación** que se excavó para la ejecución de la misma. En el caso del intradós, el montaje de la armadura, que normalmente se realiza desde andamios hace que este medio auxiliar

sea también empleado en el montaje del encofrado, e incluso sirva de **plataforma de trabajo para el hormigonado del muro**. Esta solución es también habitual en la ejecución de las pilas o pilares.



Fig. 74 – Andamio en intrados para montaje de armadura.

La segunda alternativa es la disposición de **plataformas de trabajo** (normalmente conocidas como consolas), que están conformados con soportes montados sobre el encofrado y tablas o tablonos con los que se conforma la plataforma y las barandillas. Para la correcta y segura utilización de las plataformas de encofrado se deben utilizar sistemas de encofrado completos, en los que las **plataformas de trabajo se integran con el encofrado**, premontándose sobre el terreno y colocándose de forma solidaria con el panel de encofrar. Deben disponerse plataformas en cada nivel de encofrado; con ello se permite el uso de las mismas para el montaje del siguiente nivel.



Fig. 75 – Sistemas de encofrado con plataformas de trabajo integradas

Otra de las alternativas es la utilización de **Plataformas elevadoras móviles de personal (PEMP)**, equipos que han tenido un gran desarrollo en los últimos años y cada vez son más empleados en cualquier trabajo en altura. Para los trabajos en altura en los encofrados verticales, se pueden utilizar desde el desestrobaje de los paneles de encofrado a la disposición de los sistemas de arriostramientos e incluso para la colocación de armadura y hormigonado. Para la utilización de estos equipos deberá haberse previsto y acondicionado adecuadamente el espacio de trabajo. Además, deberá disponerse una **superficie homogénea y estable para sus desplazamientos y un sobrancho suficiente en el caso de trabajos en el trasdós de estructuras.**



Fig. 76 - Utilización de PEMP en el montaje de encofrado de losa de paso inferior de carretera.

En el caso de las **pilas y pilares**, el procedimiento de montaje varía en función de las dimensiones. Si la relación entre la altura y la dotación de armadura permite a ésta mantenerse de forma estable tras ser arriostrada con la armadura de espera de la cimentación, puede montarse la armadura y, posteriormente, conformarse el encofrado. Esta situación suele darse cuando, además, la armadura de la pila se conforma a nivel de suelo y posteriormente se posiciona.

En los montajes de la armadura de pilas de mayores dimensiones cuyo montaje se realiza in situ, suele ser habitual el **montaje previo de dos caras del encofrado** y posteriormente, tras el montaje de la ferralla, se disponen las otras dos caras del encofrado. Por otro lado, el montaje del encofrado suele realizarse con **plataformas o torres de andamio**, aunque en pilas de grandes dimensiones el procedimiento utilizado es similar a los muros, pudiéndose disponer plataformas de trabajo intermedias. Las consideraciones preventivas serían similares a las ya expuestas para los muros. En el caso de **pilas circulares** los fabricantes suministran sistemas adaptados a cada diámetro de pila, pudiéndose realizar su premontaje a nivel de suelo y posteriormente posicionar, estabilizar y fijar los elementos del encofrado.



Fig. 77 Encofrados estándar metálicos de pilas

### FASE DE UTILIZACIÓN, ARMADO Y HORMIGONADO

La **garantía estructural del encofrado** debe tener en cuenta dos aspectos fundamentales: por un lado y como más importante, las **dimensiones del elemento estructural** (altura y anchura del muro o pilar), y por otro, el **procedimiento de hormigonado previsto**, considerando en este caso como variables la consistencia del hormigón y la secuencia y velocidad de hormigonado.

En base a estos parámetros, se contará con una estimación de los esfuerzos transmitidos por el hormigón sobre el encofrado, sirviendo de base para el **dimensionamiento de los arriostramientos y apeos del encofrado**. En relación con esto, y teniendo en cuenta los importantes esfuerzos que genera el hormigonado de un muro, resulta fundamental controlar los aspectos relacionados con la estabilidad de los encofrados. Por lo tanto, la planificación preventiva de la obra deberá integrar los siguientes extremos, que resultarán de aplicación durante todas las fases de encofrado y desencofrado de todos los elementos estructurales:

- ▶ Debe estimarse, **calcularse y comprobarse** previamente a la puesta en obra que la **configuración de encofrado** elegida, sus uniones y sus apuntalamientos disponen de la resistencia y estabilidad necesarias para soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos a que estará sometido. Normalmente, en el caso de sistemas de encofrado, los rangos de cargas admisibles del encofrado para las diferentes configuraciones los dará el fabricante.
- ▶ Antes de su puesta en carga se deberá **comprobar que las condiciones de arriostramiento y de apuntalamiento** de los encofrados (en sus dos planos) se corresponden con las previstas por su suministrador o fabricante o son las determinadas en unos cálculos previos específicos.
- ▶ Deberá comprobarse que todos los elementos dispuestos en el encofrado se encuentran en **perfecto estado**, debiendo desecharse los elementos que presenten deformaciones, fisuras o alteraciones superficiales que pongan en duda su capacidad resistente.

Estos requisitos de resistencia estructural son especialmente importantes en los encofrados de **muros a una cara**, en los que la resistencia de los encofrados frente al empuje del hormigón no puede contrarrestarse por los tirantes entre las dos caras del encofrado, por lo que en estos casos es fundamental el empleo de los apeos y arriostramientos del sistema de encofrado suministrados por el fabricante. Asimismo, un importante aspecto a controlar en estos encofrados es el de la **garantía de la resistencia del terreno** en la que se apoyan los encofrados y los arriostramientos, ya que su hundimiento durante el hormigonado provocado por el empuje del hormigón colapsaría todo el sistema, por lo que en la mayor parte de los casos es necesario ejecutar una pequeña solera de hormigón para apoyar y fijar los arriostramientos.

En relación con los **riesgos de caída de altura** durante los trabajos de hormigonado y vibrado de muros, deberá tenerse en cuenta que con las barandillas de la plataforma de hormigonado se tendrá cubierta la protección de uno de los frentes de trabajo. Sin embargo, debe considerarse que el riesgo de caída en altura podría persistir **del lado del encofrado**. Para evitarlo, las ménsulas se instalarán de tal forma que su plataforma de trabajo se sitúe al menos **un metro por debajo de la coronación de los muros**. De este modo, el propio encofrado actúa como protección colectiva, sin necesidad de recurrir al uso de protecciones individuales complementarias. Otra opción pasa por **instalar plataformas de hormigonado en los dos laterales del muro** o mantener los andamios utilizados para el montaje de la armadura como protección en uno de los frentes.



*Fig. 78 Apeos y arriostramiento en encofrados a una cara. El primero está constituido con puntales tradicionales, los cuales no garantizan la transmisión de cargas. El segundo corresponde a las tornapuntas de un sistema de encofrado.*

En el caso de las **plataformas de hormigonado**, hay que garantizar el **cierre lateral** de las mismas antes de proceder al hormigonado.

Para el vibrado de elementos verticales se **evitará que los trabajadores accedan al interior de los muros y pilas**, hagan o no uso de arnés de seguridad y con independencia de la profundidad de muro a la que pudie-

ran acceder. En el caso de muros o pilas ejecutados por tramos y de muros o pilas previstas para conexión con losas todas las esperas de armadura del siguiente tramo dispondrán de setas de protección.



Fig. 79 Hormigonado y vibrado con plataformas a ambos lados de coronación del encofrado.

## FASE DE DESENCOFRADO Y DESMONTAJE

Para los trabajos de desencofrado, éstos deberán ser planificados teniendo en cuenta las previsiones del fabricante, de forma que si por ejemplo no lo permiten las instrucciones de montaje, se **prohibirá la retirada de varios paneles en un mismo paño de forma simultánea**, ya que los arriostramientos entre los mismos pueden no estar concebidos o dimensionados para soportar los esfuerzos derivados de dichas maniobras.

El desencofrado de muros in situ de hormigón deberá realizarse de forma inversa al encofrado, de modo que cada panel al que se retiren los elementos de arriostramiento deberá ser inmediatamente retirado, evitándose dejar paneles en vertical una vez que se ha retirado su arriostramiento y/o apuntalamiento. Para el desencofrado deberán emplearse los mismos **medios auxiliares que se emplearon en el encofrado**, debiéndose disponer de los andamios o plataformas elevadoras necesarias para el acceso a los puntos de enganche del encofrado y para la retirada de los elementos de arriostramiento entre paneles.

El **desencofrado** se realizará con la ayuda de uñas metálicas, realizándose siempre desde el lado del que no pueda desprenderse el panel. **Con dichas uñas metálicas se separarán los encofrados del hormigón**, evitándose la **práctica de tirar** con los equipos de elevación del encofrado para separarlo del hormigón. Esta acción puede resultar extremadamente peligrosa para los trabajadores situados en las inmediaciones.

Por otro lado, los elementos de apeo y encofrado deberán acopiarse de forma ordenada a medida que se realiza el desmontaje para garantizar el orden y limpieza del tajo.



Fig. 80 – Acopio inadecuado de puntales una vez realizado el desencofrado.

## MEDIDAS Y PROCEDIMIENTOS INNOVADORES A CONSIDERAR EN LA UTILIZACIÓN DE ENCOFRADOS VERTICALES

### INTEGRACIÓN DE LAS PLATAFORMAS DE TRABAJO, ACCESOS Y PROTECCIONES

A pesar de que, como ya se ha comentado, el montaje de las plataformas de trabajo y de hormigonado tras el montaje de encofrados resulta **problemático y peligroso**, en la mayor parte de las obras esta sigue siendo la práctica más habitual. Sin embargo, todos los fabricantes de encofrados disponen de **sistemas de encofrado** en los que las plataformas de trabajo y los accesos a las mismas se **montan de forma solidaria** al encofrado, con lo que los riesgos de su montaje a posteriori desaparecen. Además de los riesgos de caída de altura, estos sistemas garantizan evitar los riesgos de caída de objetos en manipulación o desprendidos.



Fig. 81 – Ejemplo de plataforma de trabajo con acceso integrado.

Como se observa en la figura anterior, existen sistemas que **integran una protección de borde** en el lado opuesto del muro en el que se dispone la plataforma de hormigonado. Ello permite el montaje de la citada plataforma en el borde superior del encofrado. Estos sistemas se comercializan y suministran también para encofrados de pilas y pilares.



Fig. 82 – Accesos y plataformas de hormigonado integradas en encofrados de pilares

## 3.3.

# BUENAS PRÁCTICAS A CONSIDERAR EN LA UTILIZACIÓN DE MEDIOS AUXILIARES EN TRABAJOS DE ENCOFRADO

Como ya se ha descrito a lo largo de los apartados anteriores, son múltiples los medios auxiliares empleados en los trabajos de montaje de encofrados y en los consiguientes de colocación de armadura y hormigonado relacionados con los anteriores. De estos medios auxiliares, algunos tienen escasa relevancia en los trabajos, y otros son importantes desde el punto de vista preventivo, bien por los riesgos propios en su utilización, o bien por las mejoras preventivas que proporcionan en los trabajos de encofrado, armado y hormigonado. Nos hemos referido a lo largo del documento a alguno de dichos medios auxiliares, ya que su participación va directamente ligada al uso de los diferentes sistemas de encofrado (puntales, cimbras, arriostramientos, plataformas de trabajo, ). Sobre otros merece repasar algunas consideraciones preventivas importantes relacionadas con los trabajos de encofrado.

### 3.3.1. UTILIZACIÓN DE ANDAMIOS

Los andamios se utilizan tanto en encofrados verticales como en horizontales. En los encofrados horizontales su uso lo encontramos como elemento auxiliar para el montaje de las sopandas y riostras y también como andamio de fachada perimetral a la edificación que a la vez sirve de apoyo al encofrado de borde de losa y como protección del borde de los forjados y losas.

El uso de andamios deberá cumplir los requisitos establecidos en el **R.D. 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.**

#### Usos de andamios en encofrados horizontales

Como medio auxiliar de montaje, el andamio deberá cumplir los requisitos para andamios con ruedas, debiendo evitarse su uso si no están las ruedas frenadas. Además, los andamios montados en el perímetro de las edificaciones deberán ajustarse al borde de las mismas

para evitar la existencia de huecos, debiéndose planificar el montaje para que las plataformas de los andamios coincidan con los niveles de los forjados. A medida que se van ejecutando forjados y recrediendo el andamio, este deberá arriostrarse a los forjados y pilares ya consolidados.

#### Usos de andamios en encofrados verticales

En los encofrados verticales se utilizan los andamios para el montaje de armaduras de pilares y muros. En este sentido, debido a que la estructura de encofrado y armadura no tiene resistencia suficiente, el andamio no se podrá arriostrar a la misma, por lo que su plan de montaje deberá considerar esta circunstancia previendo el **montaje de andamios autoestables.**

Por otra parte, el andamio deberá **montarse con todas sus protecciones en cada nivel de plataformas**, ya que normalmente, la separación entre el borde del andamio y el encofrado del trasdós será superior a 30 cm. Asimismo, no se podrá retirar ninguna de las protecciones para el montaje de las barras de armadura ni para el montaje del encofrado del intradós, tampoco el rodapié, ya que será habitual el trabajo en niveles superpuestos y debe evitarse la caída de objetos. En la misma línea, cuando se utilice el andamio como equipo auxiliar para realizar el hormigonado y vibrado del muro o del pilar deberá planificarse la altura de las plataformas para que permitan un trabajo cómodo y seguro. Para ello, el nivel de la plataforma superior se situará un metro por debajo del borde del encofrado.

### 3.3.2. GRÚAS Y ELEMENTOS AUXILIARES DE ELEVACIÓN

Como ya se ha comentado, la manipulación de encofrados con equipos de elevación supone en determinados casos un grave riesgo por la manipulación de elementos prefabricados pesados. Para su control, se deberá determinar y planificar la zona de posicionamiento de los

equipos de elevación preparando el terreno de apoyo, el tipo de grúa a emplear en función de las cargas y los alcances y coordinar las actividades para evitar las interferencias con otras unidades de obra.

Como aspectos específicos en la utilización de grúas para los trabajos de encofrado, deberá **considerarse y vigilarse que los elementos a desplazar con las grúas**, en caso de estar conformados por varias piezas y elementos unidos, **se encuentren correctamente arriostrados** para evitar la caída de objetos desprendidos o en manipulación. Así, deberá ponerse especial cuidado en las uniones entre paneles de encofrado, o entre estos y los elementos de arriostramiento o con las plataformas de trabajo. En estos desplazamientos con las grúas deberá considerarse **el peso de todo el conjunto** que se pretende desplazar.

En cuanto a los **elementos auxiliares** hay que significar, por ser específicos para los paneles de encofrado, los **ganchos de izado** de los mismos. Como cualquier elemento auxiliar, estos ganchos deberán estar **marcados con la carga máxima que soportan**, debiendo revisarse periódicamente para detectar grietas, abolladuras o desgastes que produjesen defectos en el enganche de los paneles.



Fig. 83 – Ganchos de izado de encofrados

### 3.3.3. CASTILLETES DE HORMIGONADO

Aunque como su propio nombre indica estos equipos auxiliares suelen emplearse para el hormigonado, especialmente de pilares, sus características permiten poder utilizarlos para el encofrado de las mismas, especialmente para el montaje de la carcasa de encofrado en pilas con armadura autoestable. Como equipo comercializado, el castillete deberá disponer de unas **instrucciones de uso**, además de un **acceso seguro adecuado a su altura** y las protecciones deberán cumplir los **requisitos exigidos a las protecciones de borde**.



Fig. 84 – Castillete de hormigonado empleado para el montaje de encofrado de pilas

### 3.3.4. ESCALERAS MANUALES

En los trabajos de encofrado, las escaleras manuales deberán emplearse exclusivamente como un elemento auxiliar de acceso. Así, **no se deben emplear las escaleras de mano como un equipo para realizar trabajos en altura**, ni como **medio de acceso** a un punto del encofrado para después seguir trepando por el mismo hasta una zona de trabajo. Del mismo modo, no se podrán utilizar los paneles de encofrado en sustitución de las escaleras de mano, estando también completamente prohibido trepar por las armaduras.

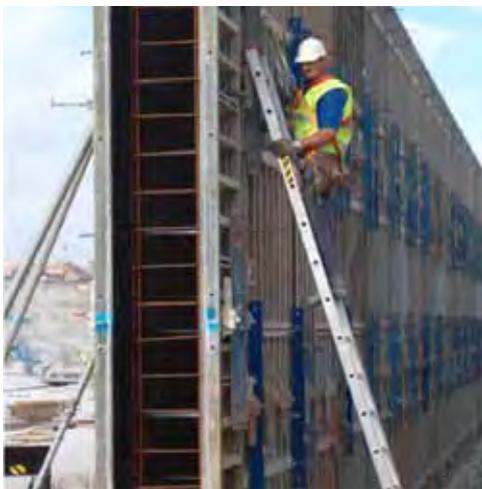


Fig. 85 – Usos incorrectos de las escaleras de mano en encofrados

### 3.3.5. PLATAFORMAS ELEVADORAS MÓVILES DE PERSONAL (PEMP)

El uso cada vez más extendido de las plataformas elevadoras en las obras de construcción las ha llevado a utilizarse también en las tareas de encofrado, especialmente en la ejecución de encofrados verticales. A este respecto, deberán tenerse en cuenta las **características del terreno para la elección de la plataforma** elevadora a emplear, del mismo modo que deberá adecuarse el terreno para permitir el trabajo seguro con las mismas. En particular, deberán **eliminarse los desniveles que puedan comprometer la estabilidad de la plataforma**, rellenando el terreno a cota de cimentación o de arranque del muro.

Del mismo modo, no se podrá sobrecargar la plataforma ni colgar de la misma ningún elemento de encofrado o de armadura para su montaje, siendo las plataformas más adecuadas para estos trabajos las **articuladas telescópicas** con ruedas todo-terreno por su versatilidad de movimientos.

Por último, señalar dado que el hormigonado de los encofrados verticales se realiza normalmente con bomba,

**no es recomendable el empleo de plataforma para realizar el hormigonado**, ya que podría resultar inestable ante los movimientos de la trompa de hormigonado y el espacio para el movimiento de los trabajadores es reducido.

### 3.3.6 CIMBRAS

Las cimbras deberán contar con un cálculo justificativo que garantice que el equipo es seguro en las condiciones particulares en las que se utilice en la obra. Dicha garantía deberá extenderse a las distintas fases de montaje, utilización y desmontaje considerando las condiciones particulares de cada una de ellas.

Previamente al montaje y utilización de la cimbra se deberá elaborar un **proyecto** específico de **instalación**, redactado por un **técnico competente** con conocimientos y experiencia en cálculos de esa estructura de al menos cinco años. Dicho proyecto conllevará la redacción de la correspondiente actualización o anexo al Plan de Seguridad y Salud de la obra, que recogerá al menos:

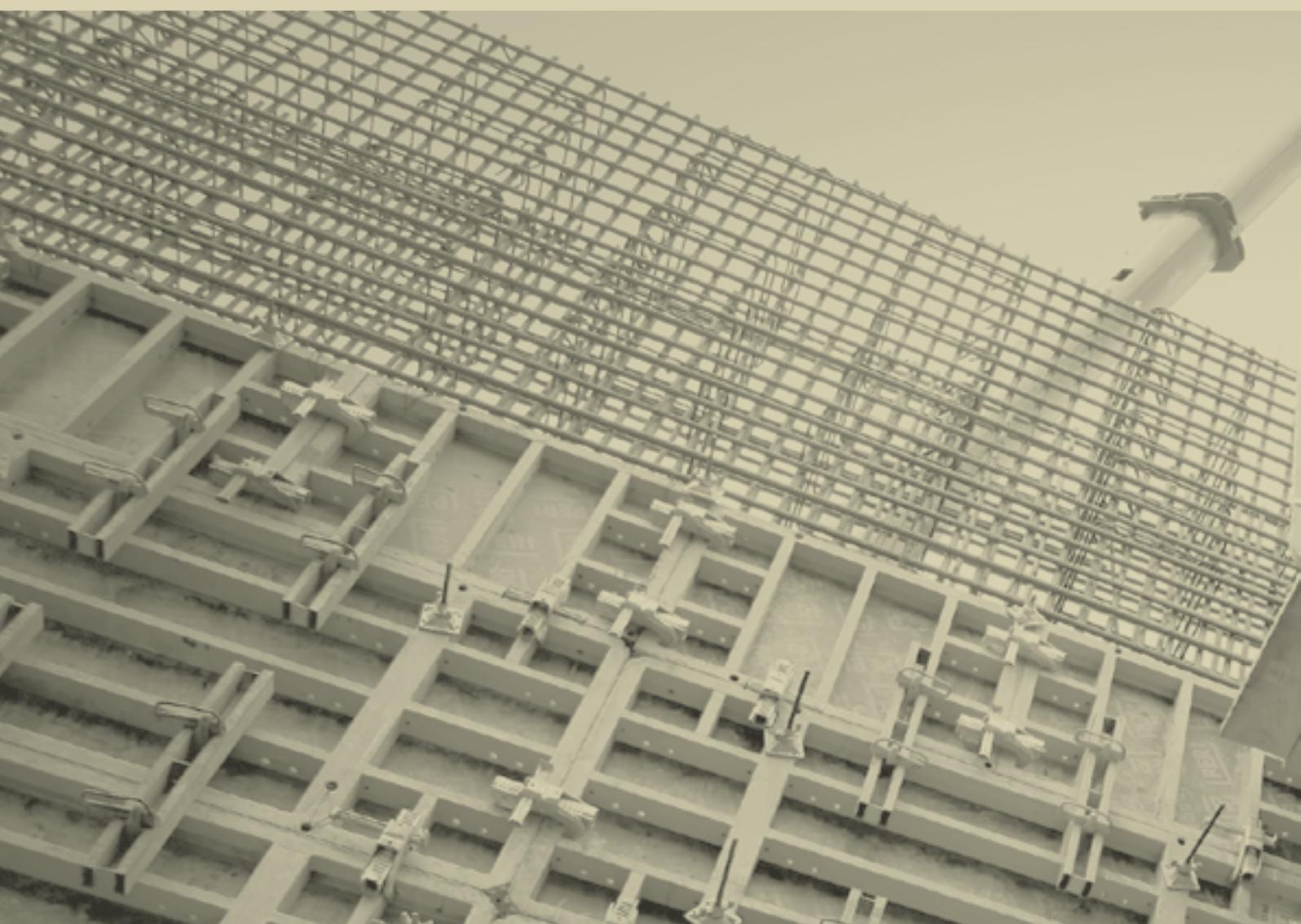
- Procedimiento de montaje, utilización, mantenimiento y desmontaje.
- Riesgos inherentes a dichas operaciones.
- Medidas de prevención y seguridad a adoptar durante dichas operaciones.

Por tanto, todas las operaciones de montaje y desmontaje de la cimbra se realizarán según lo indicado en el Plan de Seguridad y Salud y en el proyecto de instalación, siendo planificadas, supervisadas y coordinadas por un técnico con la cualificación académica y profesional suficiente. Además, una vez realizado el montaje de la cimbra y previo a su puesta en carga, dicho técnico emitirá un **certificado de correcto montaje**.

Con carácter previo al montaje del medio auxiliar, será necesario hacer un reconocimiento del terreno de apoyo o cimentación con el fin de comprobar su resistencia y estabilidad de cara a recibir los esfuerzos transmitidos por aquél, debiéndose realizar los ensayos necesarios para la caracterización del terreno.

En lo referente a los arriostramientos y anclajes, los cuales estarán previstos en el proyecto de instalación, se harán en puntos resistentes de la estructura; en ningún caso sobre barandillas, petos u otros elementos de protección.

Respecto a las **revisiones** del estado general de las cimbras, éstas se realizarán quincenalmente para comprobar que se mantienen sus condiciones de utilización, realizándose comprobaciones adicionales cada vez que se produzcan acontecimientos excepcionales tales como transformaciones, accidentes, fenómenos naturales o falta prolongada de uso, que puedan tener consecuencias perjudiciales.



# 4

## CONCLUSIONES





A lo largo del presente estudio se ha tratado de aportar una serie de **recomendaciones, ejemplos y buenas prácticas destinados a la mejora de las condiciones de trabajo en las que se ejecutan los diferentes sistemas de encofrado** más habituales en las obras de construcción. Para ello, y ante la ausencia de datos oficiales específicos, se ha partido del análisis conjunto de los escenarios en los que se concentran los accidentes de trabajo derivados la utilización de los mismos y de la problemática preventiva detectada tradicionalmente en las diferentes fases y trabajos incluidos en su ejecución.

De esta manera, a lo largo del estudio que ahora se concluye se aportan **medidas y soluciones** que redundan en la consideración de las siguientes **recomendaciones generales**:

- ▶ En primer lugar, se recomienda **priorizar la utilización de sistemas de encofrado completos** que eviten las habituales situaciones de riesgo derivadas del uso de elementos aislados o, incluso, de fabricación propia.
- ▶ Se recalca la necesidad de analizar, desde el mismo **proyecto de la obra**, las principales soluciones a adoptar en los **sistemas proyectados** (principalmente en la utilización de cimbras y grandes estructuras).
- ▶ Igualmente, se considera crítico el considerar y aplicar las medidas e instrucciones habitualmente incluidas en los **manuales de cada fabricante**.
- ▶ Independientemente de la consideración de lo previsto en la **normativa específica de aplicación** se estiman como requisitos esenciales para la mejora preventiva de los trabajos la concreción previa de una **planificación técnico- preventiva** específica por cada sistema de encofrado que tenga en cuenta las particularidades del **terreno y entorno** de trabajo y, especialmente, la seguridad de los trabajadores ocupados del montaje y desmontaje del sistema (protecciones colectivas, utilización de plataformas de elevación móviles y, en su caso, habilitación de puntos seguros de anclaje). En base a ello, se contará con el correspondiente **procedimiento de trabajo** que no sólo justifique la estabilidad del sistema en todas las fases, sino que también facilitará las condiciones de

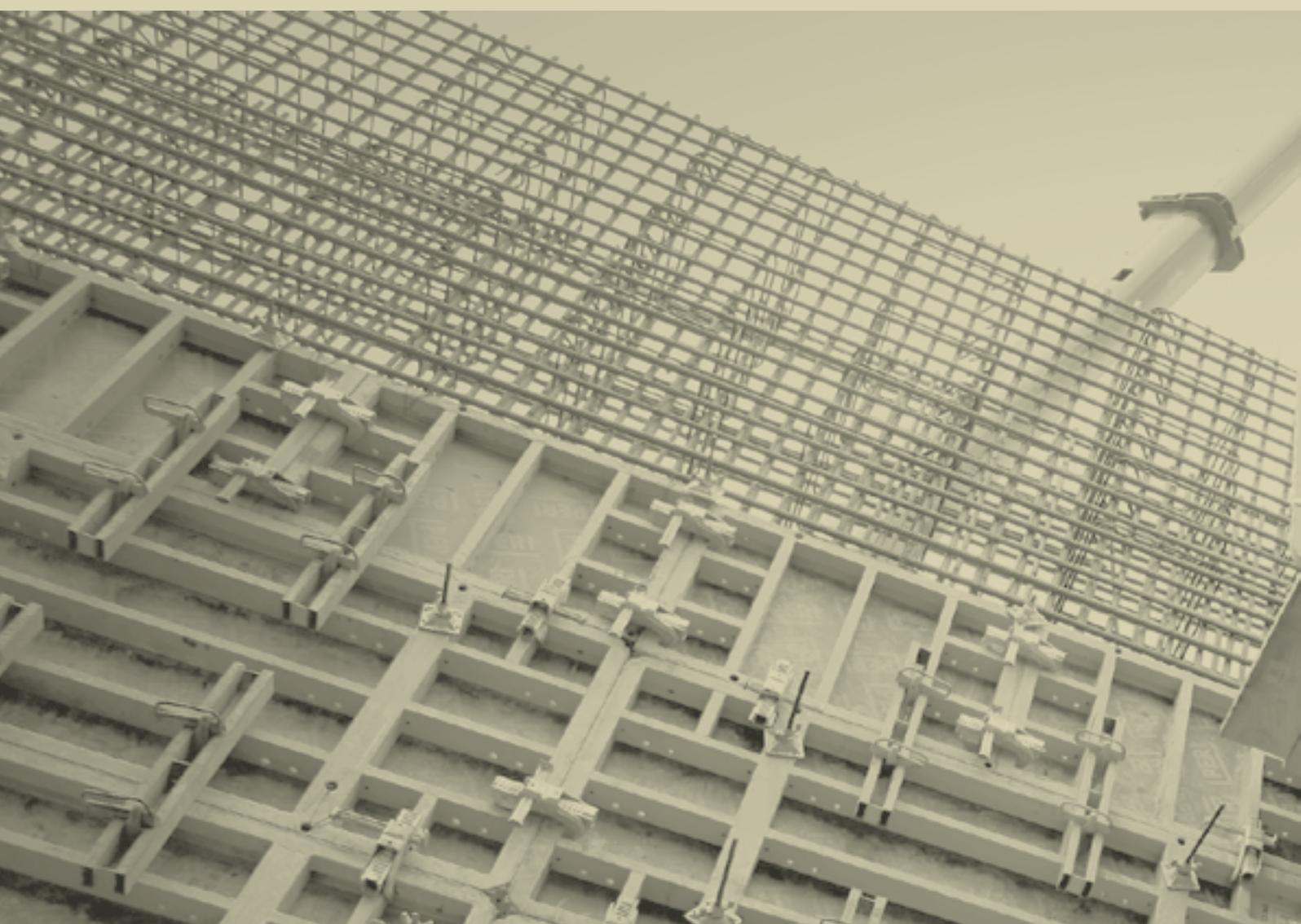
seguridad necesarias en dichas etapas (incluyendo desde la descarga en obra hasta su carga en transporte una vez utilizados).

- ▶ Dicha planificación, unida a lo previsto en el proyecto de obra, debe incluir la consideración de **soluciones innovadoras** (como algunas de las descritas en el presente estudio) que permitan automatizar ciertas actuaciones y fases con lo ello conlleva en términos de mejora de las condiciones de trabajo.
- ▶ Con carácter general, las labores de encofrado se reservarán para personal con **formación específica** en la materia y contarán con la supervisión (al menos en las etapas de montaje y desmontaje) de técnicos con conocimientos y experiencia específica en los sistemas empleados.
- ▶ Se deberá incluir en la planificación previa de estos trabajos las correspondientes medidas destinadas al control de riesgos habitualmente olvidados como son los **higiénicos y los ergonómicos**.
- ▶ El fabricante tiene que suministrar sistemas seguros, indicando en los manuales de instrucciones de los mismos los **riesgos no evitados** y las medidas preventivas a tener en cuenta para su control.

El desarrollo específico de estos y otros aspectos sirven para conformar un estudio técnico específico de este tipo de sistemas y, a la vez, da continuidad a los **acuerdos de colaboración** celebrados los últimos años ente el **Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid**, como entidad financiadora, y la **Fundación Agustín de Betancourt** que tienen como objetivo común la **promoción de la cultura preventiva en el ámbito universitario**. Así mismo, y por tercer año consecutivo, se logra hacer llegar a estudiantes y profesionales del sector **recomendaciones y soluciones prácticas** a considerar en aspectos que se consideran especialmente relevantes en las obras de construcción.

Madrid, Noviembre de 2011





# ANEXO

## EJEMPLOS CONCRETOS DE PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGUROS EN DIFERENTES SISTEMAS DE ENCOFRADO





Con el desarrollo de este apartado se presentan diferentes **procedimientos de trabajo seguros** de algunos fabricantes en lo referente a sistemas de encofrado. Estos procedimientos evidencian que son la base de la información de los fabricantes respecto al montaje, uso y desmontaje de dichos sistemas de encofrado.

Sin el ánimo de hacer de estos procedimientos una guía infalible, se pretende señalar las medidas de seguridad mínimas a tener en cuenta en las diferentes etapas de uso de los mismos. En este sentido, se deben realizar las siguientes consideraciones generales para su correcta aplicación:

- ▶ Los productos se deben utilizar **exclusivamente de acuerdo a las correspondientes informaciones para el usuario** del fabricante o conforme a cualquier otra documentación técnica de aplicación.
- ▶ Las instrucciones técnicas del funcionamiento, las indicaciones de seguridad y los datos referentes a las cargas se deben tener en cuenta y respetar con exactitud, ya que la inobservancia de estas indicaciones puede provocar daños o accidentes.
- ▶ Las variaciones o aplicaciones diferentes requerirían pruebas estáticas adicionales, así como indicaciones de montaje complementarias.
- ▶ El usuario debe asegurarse de que cuenta con la **información necesaria** (Instrucciones de montaje y empleo) puesta a disposición por parte del fabricante.
- ▶ Para un uso y aplicación seguros de los productos se deben tener en cuenta las normativas vigentes para la prevención laboral y todo tipo de normativas de seguridad vigentes en cada caso.
- ▶ Se debe verificar el **perfecto estado del material** antes de utilizarlo, no empleando piezas defectuosas o deformadas, debilitadas por el desgaste, la corrosión o podridas.
- ▶ Sólo se deben **emplear piezas de recambio** originales del fabricante.
- ▶ Es peligroso utilizar sistemas de encofrado de diferentes fabricantes, ya que los componentes han sido diseñados de forma particular por cada uno de ellos

para adaptarse a las peculiaridades del diseño realizado.

- ▶ Se debe asegurar que el montaje y desmontaje, el desplazamiento y el uso conforme a su fin del producto deben llevarlos a cabo y supervisarlos personas formadas y con la especialización adecuada.

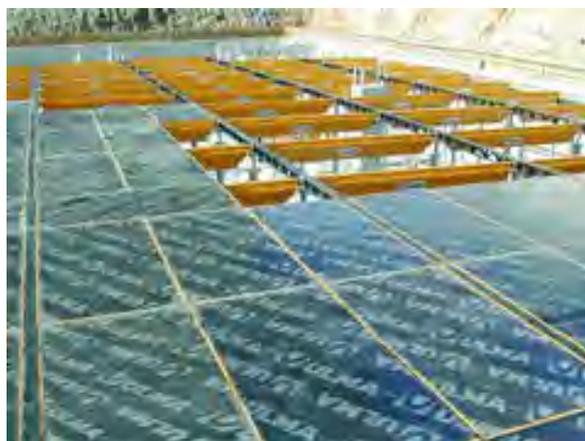
**SISTEMAS DE ENCOFRADO HORIZONTAL: LOSA MACIZA Y/O ALIGERADA**

**FABRICANTE**



**Descripción del sistema:**

Se trata de un sistema de aluminio con cabezal de caída y el montaje recomendado es montando todo desde el nivel del suelo para que desaparezca el riesgo de caídas a distinto nivel. También se puede utilizar el mismo sistema con redes bajo forjado o con líneas de vida.



**Número mínimo de montadores: 3**

Formación de los montadores/desmontadores: PERSONAL CUALIFICADO

Criterios generales de seguridad:

Se amarrará un solo operario por punto de amarre.

Se amarrará siempre que exista el riesgo de caída y no exista protección colectiva.

Atender a los levantamientos máximos de peso fijados por la OIT.

Observar el estado del firme que se pisa y mantener las zonas de paso libres de obstáculos.

Elementos específicos de seguridad:

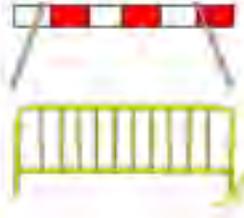
Arnés con mosquetón de amarre.

Torre BRIO de andamio.

Protección de la cabeza: Casco homologado

Protección en pies: Botas con punta y planta de acero.

Protección en manos: Guantes de protección

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
<p><b>1- Protección de la zona de trabajo</b></p> <p>Vallar, cerrar o acotar con cintas, vallas o mallas el área de trabajo y la zona de tránsito para terceros.</p>	
<p><b>2- Comienzo de montaje de puntales</b></p> <p>Se empieza el montaje alrededor de un pilar. Antes de empezar el montaje conviene montar los cabezales en los puntales, asegurando el correcto acañado de los mismos.</p> <p>Se coloca un puntal con un cabezal en la posición indicada en el replanteo respecto al pilar, utilizando un trípode para estabilizar el puntal.</p> <p>A continuación, se cuelga una viga del cabezal, comprobando el correcto acañado del cabezal.</p>	 <p><i>Detalle de cabezal</i></p>
<p><b>3- Colocación del segundo puntal</b></p> <p>Se coloca un segundo puntal con trípode y cabezal y se monta la viga.</p>	
<p><b>4- Colocación de las primeras transversales</b></p> <p>Se cuelga dos transversales de los cabezales de los puntales.</p>	

<p><b>5- Montaje de las transversales sobre dos nuevos puntales</b></p> <p>Se procede a colocar dos puntales con cabezales y montar los transversales.</p>	
<p><b>6- Cierre de la primera retícula</b></p> <p>Se cierra la retícula con una viga y se posiciona respecto al pilar según replanteo.</p>	
<p><b>7- Instalación de los primeros paneles</b></p> <p>La siguiente operación consiste en colocar los paneles y los transversales intermedios para realizar el remate del pilar.</p>	
<p><b>8- Remate del pilar</b></p> <p>La maniobra consiste en rematar el pilar con un tablero adecuado a sus dimensiones.</p>	

### 9- Montaje de sucesivas retículas

Siguiendo el mismo procedimiento, se procede a montar retícula en el sentido transversal y a su nivelación.



### 10- Inicio del avance longitudinal

Una vez montados los paneles y realizados los remates de los pilares, el siguiente paso consiste en colgar las vigas para seguir con el montaje de la retícula en sentido longitudinal.



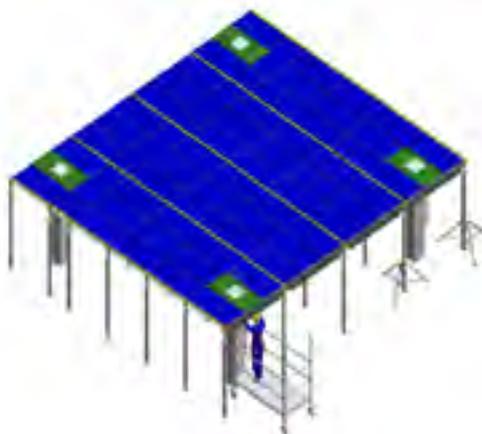
### 11- Montaje de todas las retículas e instalación de paneles

Mientras se montan todas las retículas, podemos ir montando los paneles o bien dejar el montaje de estos para el final.



### 12- Terminación del montaje

Una vez terminado el montaje de los paneles y realizados los remates de los pilares, el encofrado como tal estaría montado.



### 13- Montaje del perímetro (Caso 1)

En el caso de que se tenga que montar encofrado perimetral y las GRAPAS PERIMETRALES ESTÉN EN LAS VIGAS EN LA DIRECCIÓN PERPENDICULAR A LA VIGAS, actuaremos de la siguiente manera: (pasos 13,14 y 15).

Colocar un PIE DE BARANDILLA en el conjunto VIGA, GRAPA PERIMETRAL y CABEZAL.

Enganchar el conjunto VIGA, GRAPA PERIMETRAL, CABEZAL más PIE DE BARANDILLA en el soporte del cabezal o sobre otra VIGA en función de la disposición correspondiente al estudio.

Levantar el conjunto VIGA, GRAPA PERIMETRAL, CABEZAL más PIE DE BARANDILLA.

Colocar el puntal bajo el CABEZAL en el extremo.



### 14 -

Colocar el puntal en el enganche de la grapa perimetral.

Colocar GRAPA si la viga apoya sobre otra viga y el corte en inglete de la viga lo permite. En caso contrario, colocar el AMARRE y amarrar el conjunto VIGA, GRAPA PERIMETRAL, CABEZAL más PIE DE BARANDILLA a la losa mediante cables. Colocar un puntal bajo el CABEZAL.

Cuando el conjunto apoya sobre cabezal de caída colocar la FIJACIÓN.

Colocar la siguiente viga de la misma forma pero sin colocar la GRAPA hasta colocar el primer panel, ya que éste da la distancia exacta entre VIGAS.



**15-**

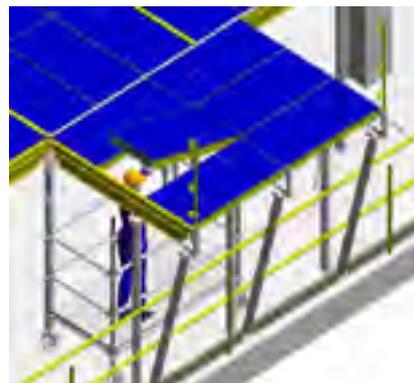
Colocar panel número 1 (el más interior) sobre 2 vigas de forma que el montaje adquiera estabilidad y se tenga la separación exacta entre vigas.

Colocar GRAPA en la segunda VIGA.

Nivelar el sistema.

Colocar panel número 3 (el más exterior) y deslizarlo a lo largo de la viga hasta hacer tope con el enganche del PIE BARANDILLA.

Colocar panel número 2.

**16- Montaje del perímetro (Caso 2)**

En el caso de que se tenga que montar encofrado perimetral y las GRAPAS PERIMETRALES ESTÉN EN LAS VIGAS EN LA DIRECCIÓN DE LA VIGAS actuaremos de la siguiente manera: (pasos 16,17 y 18)

Colocar el PIE DE BARANDILLA en el conjunto VIGA, GRAPA PERIMETRAL más CABEZAL.

Enganchar el conjunto VIGA, GRAPA PERIMETRAL, CABEZAL más PIE DE BARANDILLA en el soporte del cabezal o sobre otra VIGA en función de la disposición correspondiente al estudio.

Levantar el conjunto VIGA, GRAPA PERIMETRAL, CABEZAL más PIE DE BARANDILLA.

Colocar un puntal en el CABEZAL en el extremo.

**17-**

Colocar el puntal en el enganche de la grapa perimetral.

Colocar GRAPA si la viga apoya sobre otra viga y el corte en inglete de la viga lo permite. En caso contrario, colocar el AMARRE y amarrar el conjunto VIGA, GRAPA PERIMETRAL, CABEZAL más PIE DE BARANDILLA a la losa mediante cables. Colocar un puntal bajo el CABEZAL.

Cuando el conjunto apoya sobre cabezal de caída colocar la FIJACIÓN.

Colocar la siguiente viga de la misma forma pero sin colocar la GRAPA hasta colocar el primer panel, ya que éste da la distancia exacta entre VIGAS.



**18-**

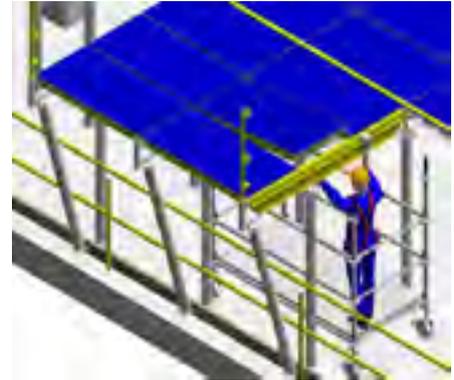
Colocar panel número 1 (el más interior) sobre 2 vigas de forma que el montaje adquiera estabilidad y se tenga la separación exacta entre vigas.

Colocar GRAPA en la segunda VIGA.

Nivelar el sistema.

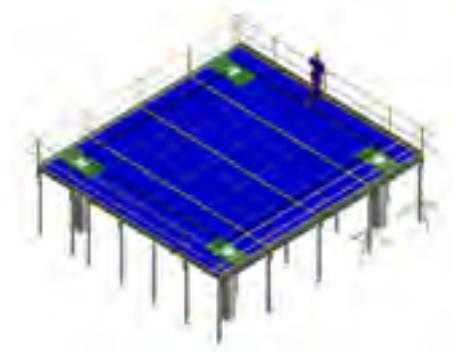
Colocar panel número 3 (el mas exterior) y deslizarlo a lo largo de la viga hasta hacer tope con el enganche del PIE BARANDILLA.

Colocar panel número 2.



**19- Colocación de barandillas**

Por último, se procede a colocar las barandillas de seguridad y los rodapiés estando en todo momento atado con el arnés a una línea de vida instalada con puntos de sujeción a los pilares.



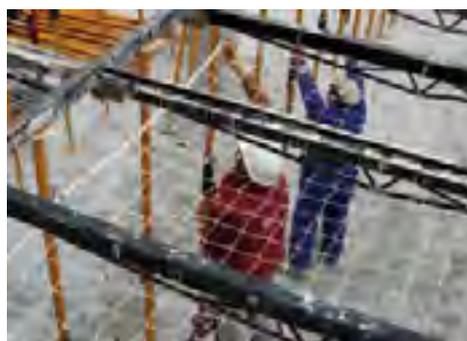
## SISTEMAS DE ENCOFRADO HORIZONTAL: LOSA MACIZA O ALIGERADA MEDIANTE REDES

### FABRICANTE



#### Descripción del sistema:

El sistema se trata de un mecano de acero y el montaje recomendado por seguridad es con redes bajo forjado (bien fijadas al puntal, o bien fijadas al propio encofrado), ya que se trata de una protección colectiva. También se puede montar con líneas de vida.



**Número mínimo de montadores:** 3

**Formación de los montadores/desmontadores:** PERSONAL CUALIFICADO

#### Criterios generales de seguridad:

Se amarrará un solo operario por punto de amarre.

Se amarrará siempre que exista el riesgo de caída y no exista protección colectiva.

Atender a los levantamientos máximos de peso fijados por la OIT.

Observar el estado del firme que se pisa y mantener las zonas de paso libres de obstáculos.

No se iniciará la colocación de tablero sin haber instalado previamente las redes bajo forjado.

#### Elementos específicos de seguridad:

Ganchos y redes bajo forjado.

Cabezal de seguridad, pies de seguridad y barandillas.

Protección de la cabeza: Casco homologado.

Protección en pies: Botas con punta y planta de acero.

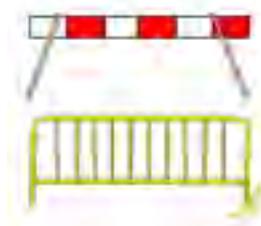
Protección en manos: Guantes de protección.

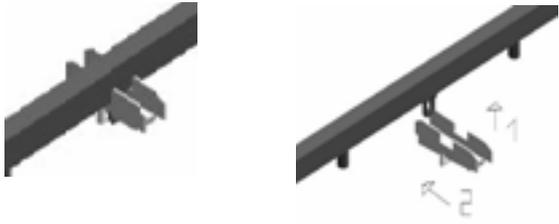
### OPERACIÓN

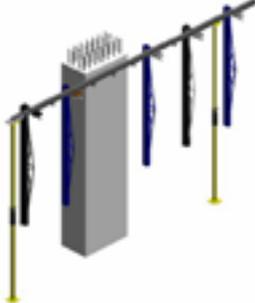
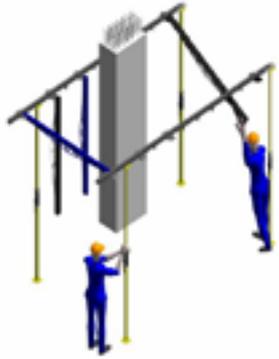
### DESCRIPCIÓN GRÁFICA

#### 1- Protección de la zona de trabajo

Vallar, cerrar o acotar con cintas, vallas o mallas el área de trabajo y la zona de tránsito para terceros.



<p><b>2- Montaje de los cabezales</b></p> <p>Como inicio a los trabajos, se realiza el montaje de los cabezales recuperables en los ejes longitudinales.</p> <p>El proceso de montaje se inicia en el suelo mediante la colocación de los cabezales en los longitudinales.</p>	
<p><b>3- Amarre de los cabezales</b></p> <p>Se realiza el amarre de los cabezales en los longitudinales con un golpe de martillo en la cuña del cabezal.</p>	
<p><b>4- Elevación del longitudinal</b></p> <p>Se procede a la elevación del longitudinal, con sus cabezales correspondientes, mediante el uso de 2 puntales.</p>	

<p><b>5- Fijación del longitudinal a la pila</b></p> <p>En este paso, se realiza la fijación del longitudinal al pilar mediante un sargento.</p>	 <p><i>Detalle de fijación por sargento</i></p>
<p><b>6- Colgado de los transversales</b></p>	
<p><b>7- Colocación de los primeros transversales</b></p> <p>Se procede al montaje de los transversales en los cabezales de los longitudinales, asegurando la estabilidad del conjunto.</p>	

**8- Instalación de todos los transversales**

Se realiza la colocación de cabezales desplazables y puntales.



**9- Remate del pilar**



**10- Elevación de longitudinales**



**11- Apeo de los longitudinales**

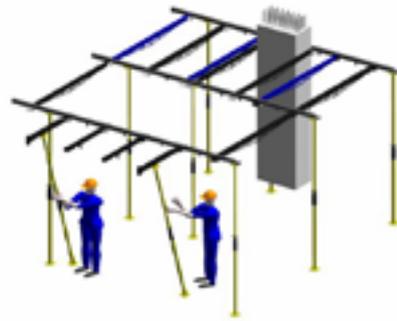




## 12- Montaje de transversales y de voladizos



## 13- Apeo de los voladizos



## 14- Nivelación del conjunto



### 15- Instalación de ganchos para redes

Inicialmente, se realiza la colocación de los ganchos en forma de "ese" en los orificios de los puntales.

El agujero de posicionamiento de los ganchos estará como máximo a 1 metro de la superficie del encofrado.

La colocación de los ganchos se realizará desde el suelo si la distancia de posicionamiento lo permite, o con la ayuda de una torre móvil auxiliar reglamentaria si este posicionamiento no puede hacerse desde el suelo.

Como mínimo, habrá 1 gancho cada 2 metros de longitud en planta en los puntales.



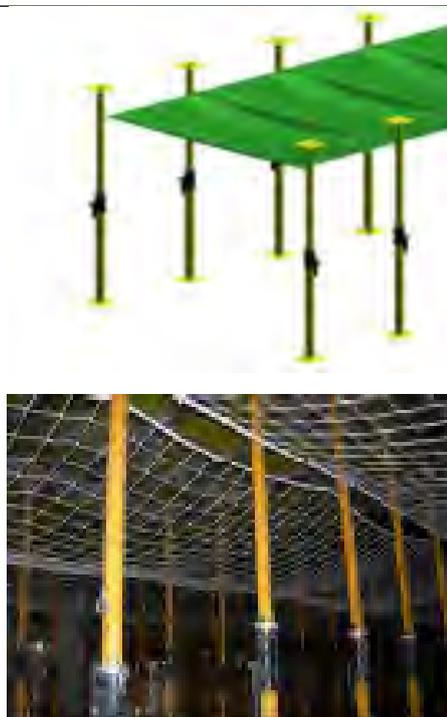
### 16- Instalación de paños de redes

Para la colocación de los paños de red se utilizará un medio auxiliar reglamentario si fuera necesario.

El proceso se inicia pasando la cuerda perimetral de la red, y haciendo un lazo, sobre el gancho (anti-salida de la red) por lo menos en los extremos de la red. En los demás ganchos la cuerda perimetral estará únicamente apoyada y pasada por los ganchos.

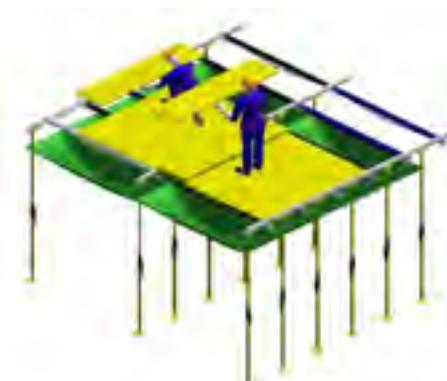
La red estará mínimamente cogida con un gancho cada 2 metros de longitud de planta en los puntales.

La red estará como máximo a 1 metro de la superficie del encofrado.



### 17- Colocación de tableros o cubetas

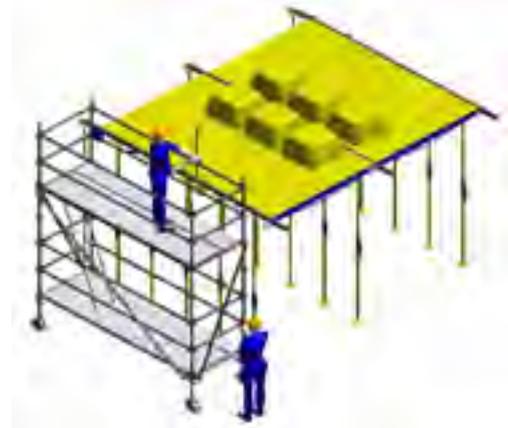
Se procede a la colocación de los tableros o cubetas desde la parte superior del encofrado.



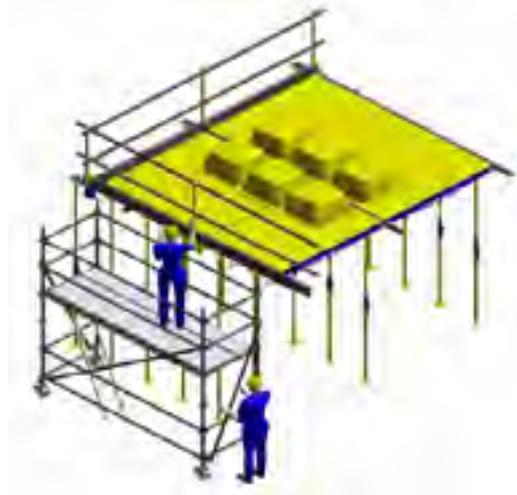


### 18- Colocación los pies de barandilla

Se procede a la instalación de los pies de barandilla y a la retirada de las redes y ganchos bajo forjado.



### 19- Finalización de la colocación de las barandillas perimetrales.



**SISTEMAS DE ENCOFRADO HORIZONTAL: MESAS DE ENCOFRADO**

**FABRICANTE**



**Descripción del sistema:**

Las mesas son encofrados que se montan al principio de la obra y se mueven sin desmontar de una puesta a otra, evitando por lo tanto este proceso y haciendo el sistema más seguro.



**Número mínimo de montadores:** 2

**Formación de los montadores/desmontadores:** PERSONAL CUALIFICADO

**Criterios generales de seguridad:**

Atender a los levantamientos máximos de peso fijados por la OIT.

Observar el estado del firme que se pisa y mantener las zonas de paso libres de obstáculos.

**Elementos específicos de seguridad:**

Eslingas homologadas y controlada.

Medios auxiliares homologados y controlados.

Protección de la cabeza: Casco homologado

Protección en pies: Botas con punta y planta de acero.

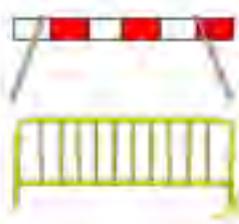
Protección en manos: Guantes de protección

**OPERACIÓN**

**DESCRIPCIÓN GRÁFICA**

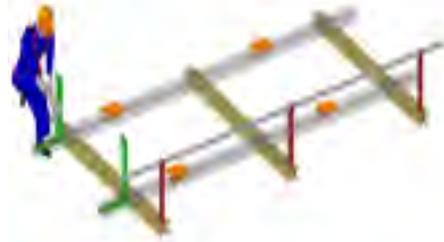
**1- Protección de la zona de trabajo**

Vallar, cerrar o acotar con cintas, vallas o mallas el área de trabajo y la zona de tránsito para terceros.

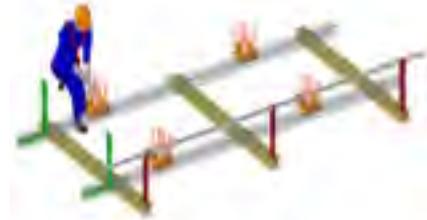


## 2- Protección de la zona de trabajo

Se realiza el montaje de la plantilla colocando los diferentes topes en función de las dimensiones de la planchada a montar.



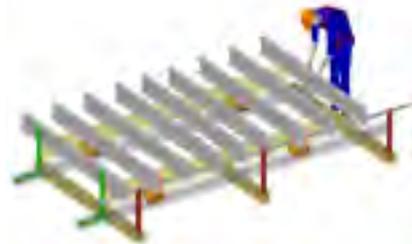
## 3-Colocar los cabezales sobre los topes.



## 4-Colocar las vigas de primera tramada.



## 5- Colocar las vigas de la segunda tramada sobre las vigas de primera tramada.



## 6- Insertar los marcos cabezal y colocar las varillas con sus arandelas y tornillos en los alojamientos que poseen los cabezales, pero sin llegar a fijarlos.



<p><b>7- Fijar las vigas de primera tramada y segunda tramada mediante tirafondos.</b></p>	
<p><b>8-Fijar los marcos cabezal por medio de las cuatro tuercas que lleva cada marco.</b></p>	
<p><b>9- Replantear y fijar los tableros de madera sobre las vigas de segunda tramada.</b></p>	
<p><b>10- Finalización y traslado</b></p> <p>Una vez finalizado el montaje de la planchada, se procede a levantar el conjunto y apilarle en donde corresponda por medio de la grúa (colocando 2 eslingas en los extremos debajo de las vigas de primera tramada o bien mediante un medio auxiliar).</p>	

## SISTEMAS DE ENCOFRADO VERTICAL: ENCOFRADO DE MURO

FABRICANTE

### Descripción del sistema:

Se trata de un sistema de paneles metálicos cuyo montaje se realiza de acuerdo a la configuración que se quiera dar a la estructura final.

### 1- Introducción

Las instrucciones que a continuación se detallan son válidas para los sistemas de encofrado de muro STEN.

El Sistema ofrece solución al encofrado de muros de cualquier dimensión y forma, acoplando sus paneles en sentido vertical u horizontal.

Además, para que el sistema sea aún más versátil, los paneles de muro son totalmente compatibles con los paneles de pilar, con lo cual éstos últimos ayudan a resolver muros de geometría compleja.

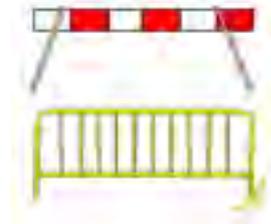
El montaje del Sistema es simple e intuitivo. Los perfectos ajustes entre paneles y la planicidad de la superficie encofrante redundan en una sobresaliente calidad de acabado.

### OPERACIÓN

### DESCRIPCIÓN GRÁFICA

#### 1- Protección de la zona de trabajo

Vallar, cerrar o acotar con cintas, vallas o mallas el área de trabajo y la zona de tránsito para terceros.



#### 2- Izado y transporte de los paneles en obra

Para mover los paneles con la grúa, desde el paquete hasta el punto en el que formarán el encofrado, se emplea un Gancho de izado Stenform. Para ello basta desplazar el primer panel unos 20cm para que el gancho pueda colocarse en la posición indicada en las figuras inferiores.

Aunque el Gancho de izado se mantendrá cerrado mientras la cadena esté en tensión, el desplazamiento de los paneles mediante la grúa deberá hacerse con prudencia, evitando los movimientos bruscos y la circulación de personas por debajo de los paneles mientras estos se encuentren suspendidos.

En el empleo del Gancho de izado Stenform clásico, se debe tener en cuenta que el panel queda asegurado cuando el basculante del gancho se sitúa en la posición indicada en la figura que indica "2. Asegurado" y se tensa la cadena.



Gancho de izado clásico



1. Colocado en posición



2. Asegurado

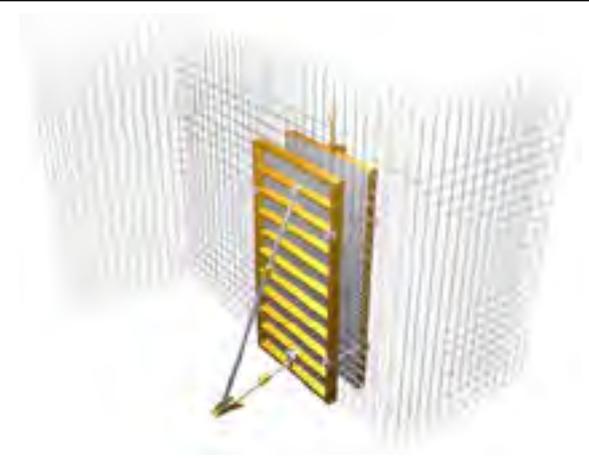
**3- Inicio del encofrado**

Se coloca el panel verticalmente en el lugar en el que se montará el encofrado y, antes de soltarlo del gancho, se apuntala para evitar su vuelco.

**4- Atirantado de paneles**

En la parte opuesta del muro se coloca otro panel, encarado con el primero. Ambos paneles deben quedar unidos mediante barras de atirantado antes de soltar este segundo panel de la grúa.

Las barras de atirantado quedan cubiertas, en la zona a hormigonar (entre los paneles), por un tubo de plástico, en los extremos del cual se sitúan los conos. Estos tubos de plástico deben cortarse en longitudes 2 cm. inferiores al espesor del muro a encofrar.

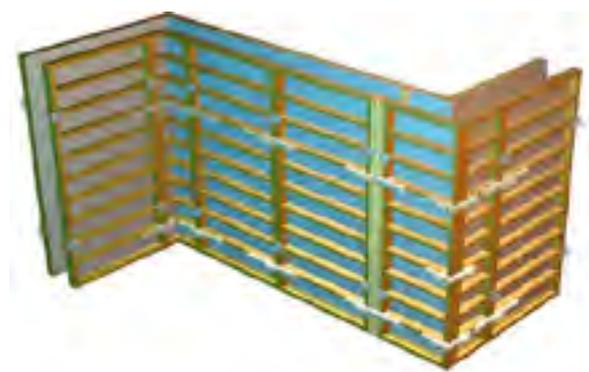
**5- Montaje de los siguientes paneles**

Para continuar con el montaje de los paneles se van uniendo mediante mordazas, en la medida de lo posible al nivel de las costillas de los paneles.

Normalmente se colocarán dos mordazas por junta vertical y una por junta horizontal.

Para asegurar la estabilidad del encofrado es necesario ir colocando paneles a ambos lados del muro que se está construyendo. En las juntas entre paneles basta con colocar las barras de atirantado en uno de los dos paneles y platinas que solapan sobre el otro panel.

**ATENCIÓN:** Si en algún momento fuera necesario desenganchar algún panel de la grúa antes de unirlo a los demás paneles, se deberá apuntalar para evitar su vuelco.

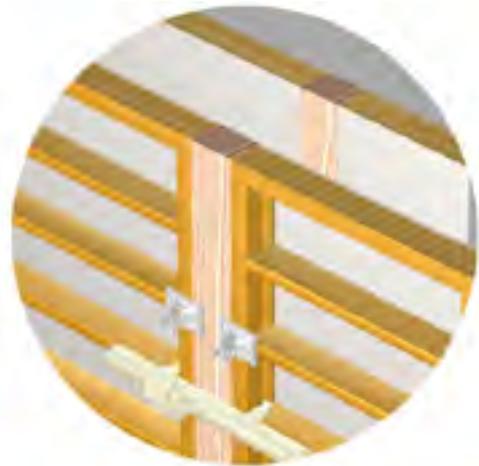


## 6- Disposición de compensadores

Cuando las dimensiones del muro a encofrar no coincidan con el modulado de los paneles de muro (cualquier medida en incrementos de 15 cm.), se puede resolver el encofrado mediante el empleo de compensadores.

STEN dispone de compensadores metálicos de 5 y de 10 cm. Para medidas inferiores se pueden emplear compensadores de madera que permiten ajustar a cualquier medida.

Para unir los paneles en las zonas en las que se emplean compensadores deben emplearse las mordazas regulables, que pueden abarcar compensaciones de hasta 15 cm. En estos casos se deberán poner barras de atirantado en ambos paneles o bien pasar las barras a través del compensador (prestando atención a que las platina solapen suficientemente con los paneles).

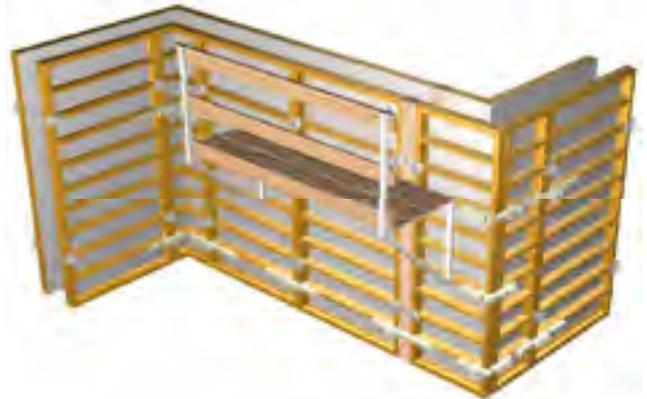


## 7- Colocación de la consola de trabajo

Para el hormigonado se colocará previamente la consola de trabajo, enganchándola al panel por medio de la barra que lleva incorporada en las costillas del panel.

La configuración adecuada de ésta pasa por colocarle una base sólida y una barandilla periférica según normativa.

Cuando el tramo esté montado, tapado y asegurado se podrá hormigonar teniendo en cuenta no sobrepasar la carga máxima admisible para el muro de altura 2,7m y 80 kN/m<sup>2</sup> para el de 3 m.



*Detalle de montaje de la consola de trabajo sobre el panel. Utilización de pasador y tuerca.*

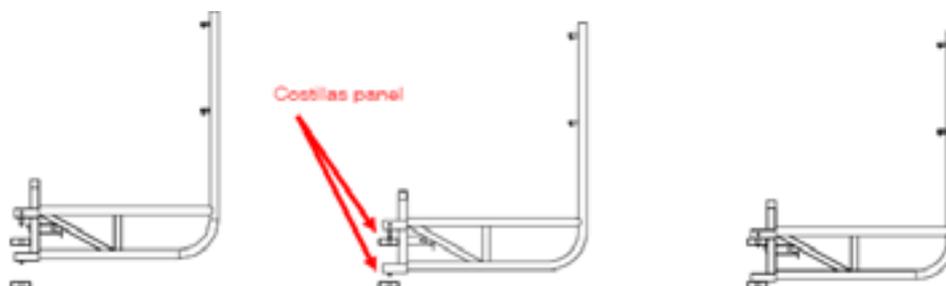
**7.1-** Antes de colocar la consola de trabajo, debemos colocar la barandilla lateral. Para colocar este elemento, encajaremos las guías con que cuenta este elemento, en el espacio que deja libre los dos alojamientos para tablonos.



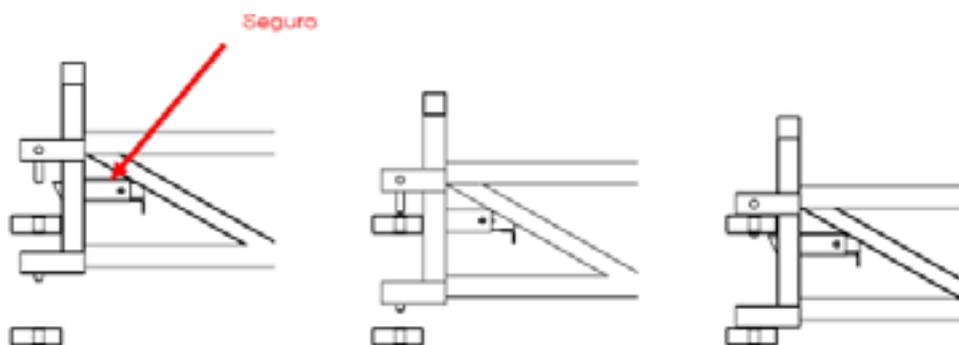
NOTA DE LOS AUTORES: Si bien este sistema establece el montaje de la barandilla lateral a posteriori, de acuerdo a lo establecido a lo largo de este documento se recomienda el montaje con carácter previo.

**7.2- Descripción del proceso completo de montaje de la Consola de Trabajo**

1.- Se aproxima la consola de trabajo a las costillas del marco, y se introducen los dos tetones en los agujeros de las costillas que se precisen.

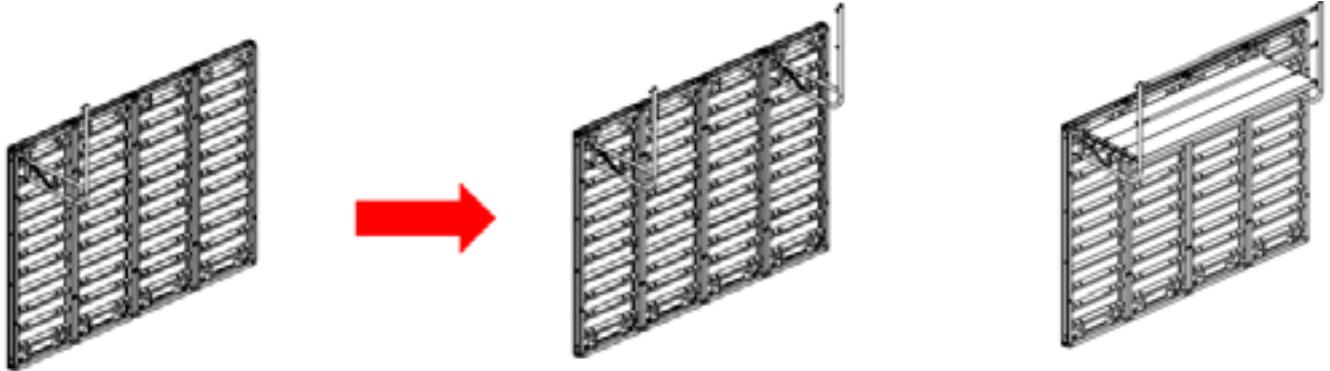


2.- Una vez colocados los tetones, automáticamente, el seguro se activará e impedirá que éstos se salgan de su emplazamiento de forma accidental.





3. A continuación se colocará la segunda consola, a una distancia de 1, 1.5, 2, 2.5 o 3 m, en función de la longitud que se requiera del módulo de la consola.



4. Una vez colocados las dos consolas, se procederá a colocar, por este orden, las plataformas, los largueros, el cierre lateral (si es necesario) y los rodapiés.

## 8- Colocación de las plataformas de trabajo

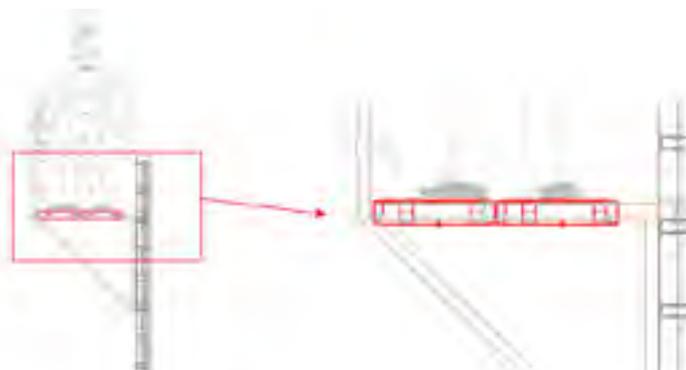
Consideraciones previas:

- Para colocar las plataformas deberán colocarse las consolas de trabajo a una distancia entre ellas de 1,35 o 2,70 m.
- En los casos en que esto no sea así (remates), deberán colocarse tableros apoyados con las plataformas contiguas.



La colocación de la plataforma de trabajo se realizará apoyándola en sus extremos sobre las consolas de trabajo. El movimiento relativo entre plataforma y consola, quedará impedido en su sentido longitudinal gracias a los enganches en forma de U con que cuentan las plataformas.

El número de consolas a colocar según la anchura de la consola de trabajo es de dos, tal y como muestra la figura.



*Detalle de consola y plataforma de trabajo*

Existen dos posibles longitudes de plataforma, con lo cual existen dos posibles modulados a aplicar. Las medidas que no se adaptan a este modulado, deberán cubrirse mediante tableros.



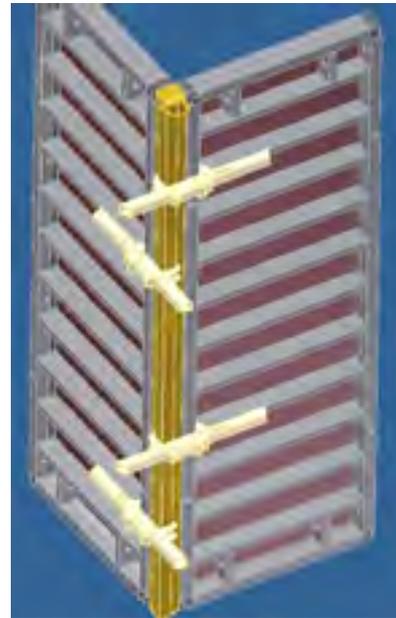
### 9- Colocación de rigidizadores ligeros de 0,8 m.

Se procede a la instalación de los rigidizadores para la unión de los paneles, atornillándolos mediante barras roscadas.



### 10- Colocación de los compensadores de esquina exterior

- Para colocar los compensadores de esquina exterior se tiene que seguir el esquema de la figura anexa:
- Con los paneles posicionados para cerrar la esquina, se coloca el compensador en la parte más externa y se fija a los paneles mediante mordazas regulables.
- El compensador se coloca apoyando las paredes planas del tubo contra los perfiles de los paneles de muro, de esta manera el gancho de transporte del compensador quedará por la parte exterior.
- Se deben colocar 4 mordazas regulables tal y como muestra la figura para paneles de 2,7 y 3 m.
- Para alturas de compensador de 1,35 y 1 m. tan sólo son necesarias 3 mordazas regulables.



### 11- Desencofrado

Para el desencofrado bastará con desmontar el sistema de forma inversa al montaje, tomando las precauciones necesarias en temas de seguridad (estabilidad, desmontar los paneles enganchados en la grúa correctamente...) y máxima carga de izado.

**SISTEMAS DE ENCOFRADO VERTICAL: ENCOFRADO DE MURO (v2)**

FABRICANTE



**Descripción del sistema:**

El encofrado marco Doka Framax es un sistema completo con eficaces accesorios de seguridad y trabajo, con el que podrá resolver de forma rápida y económica los trabajos de encofrado, sobre todo de grandes superficies.

El proceso representado se basa en un muro recto – fundamentalmente debería empezarse con el encofrado en la esquina.



**Formación de los montadores/desmontadores:** PERSONAL CUALIFICADO

**Criterios generales de seguridad:**

Atender a los levantamientos máximos de peso fijados por la OIT.

Observar el estado del firme que se pisa y mantener las zonas de paso libres de obstáculos.

**Elementos específicos de seguridad:**

Eslingas homologadas y controladas.

Medios auxiliares homologados y controlados.

Protección de la cabeza: Casco homologado

Protección en pies: Botas con punta y planta de acero.

**OPERACIÓN**

**DESCRIPCIÓN GRÁFICA**

**1- Protección de la zona de trabajo**

Vallar, cerrar o acotar con cintas, vallas o mallas el área de trabajo y la zona de tránsito para terceros.



**Transporte del elemento:**

Descarga del camión o desplazamiento de todo el panel apilado con el dispositivo para transporte Framax.

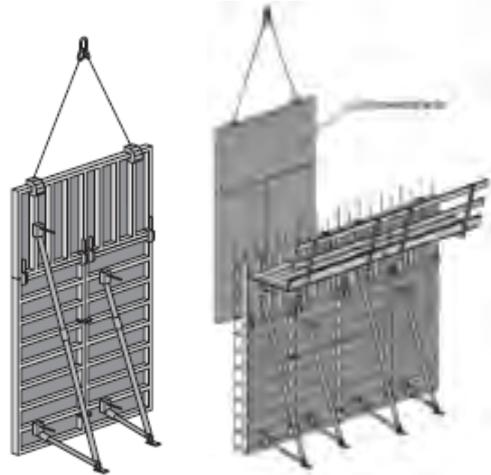
Carga individual de los elementos con la cadena de elevación Framax

Los grandes conjuntos de elementos se pueden montar previamente tumbados sobre un suelo liso.

Enganchar la cadena para transporte de la grúa con el gancho de elevación Framax.

**Colocación del Encofrado:**

- Rociar la superficie de encofrado con desencofrante.
- Izar el conjunto de elementos con la grúa y desplazarlo hasta el lugar de colocación.
- Conectar los estabilizadores con el conjunto de elementos suspendido de la grúa.
- Fijar los estabilizadores al suelo: así queda el conjunto asegurado contra el viento y se puede desenganchar de la grúa. Ahora se puede ajustar el conjunto de elementos con exactitud sin ayuda de la grúa.
- Montar los demás conjuntos de elementos de esta manera y unirlos entre sí.
- Enganchar las plataformas de hormigonado y montar eventualmente protección lateral en los extremos.
- Colocar el contraencofrado:
- Tras el montaje de la armadura se puede cerrar el encofrado.
- Rociar los conjuntos de elementos del contraencofrado con desencofrante y desplazarlos con la grúa al lugar de colocación.
- Montar el resto de los anclajes.

**Antes de desengancharlos de la grúa**

En caso de contraencofrado sin estabilizadores - no desenganchar el conjunto de elementos de la grúa hasta no haber montado suficientes anclajes para evitar su vuelco.

## Instalación de barandillas

### 1 - Desplegar e inmovilizar las barandillas

### 2 - Situar en posición ambos topes laterales

Cerrar la plataforma con el tablón plegable a continuación.

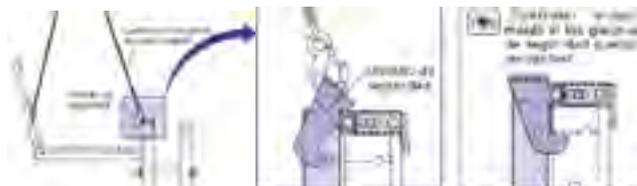
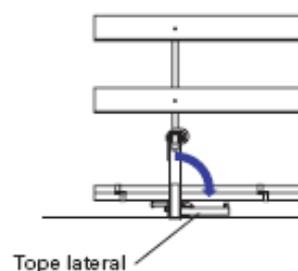
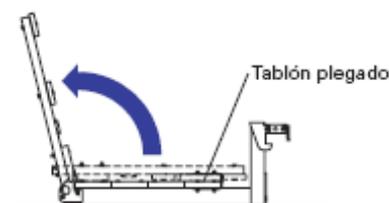
### 3 - Desplazar y enganchar (seguro automático)

La plataforma para hormigonar se desplaza mediante una cadena de transporte (p. ej. la cadena de transporte de 4 cables 3,20 m)

- Enganchar la plataforma en el borde superior del encofrado Framax

- Desenganchar la cadena de transporte – asegurarse que los ganchos de seguridad queden encajados (seguro automático para que el andamio no se pueda salir de forma involuntaria).

- Cuando se levanta la plataforma de hormigonado U por el gancho de seguridad con la cadena de transporte, el seguro de la plataforma se quita automáticamente.



### Cuando el encofrado y la plataforma se desplazan en conjunto

En Asegurarse de que la plataforma no se pueda deslizar lateralmente. Está prohibido tumbar el encofrado junto con la plataforma.

En una unión vertical de elementos tumbados, éstos deben ser anclados adicionalmente en el borde superior, si se emplean las plataformas de hormigonado Framax.

Para la adaptación de longitud, las diferencias de plataforma de hasta 50 cm se pueden compensar con tablonces. Solape mínimo de los tablonces: 25 cm.

### Desencofrado

- Retirar las piezas sueltas del encofrado y de las plataformas.
- Enganchar en primer lugar el conjunto de elementos del contraencofrado a la grúa; sólo entonces desmontar los anclajes y soltar los medios de unión de los elementos contiguos.
- Para un rápido desarrollo del desplazamiento con grúa, se pueden desmontar previamente una gran parte de los anclajes, pero deben dejarse los suficientes anclajes por conjunto para garantizar la imposibilidad del vuelco.
- No arrancar con la grúa el conjunto de elementos al desencofrar.

### Desplazamiento al lugar de colocación siguiente mediante grúa con el gancho de elevación Framax

Con el gancho de elevación Framax se pueden trasladar de forma segura conjuntos grandes de elementos.

El gancho de elevación se asegura de forma automática después de engancharlo.

- El gancho de elevación Framax debe fijarse siempre en la unión de elementos para evitar un deslizamiento lateral.
- Excepción: en caso de elementos tumbados el gancho de elevación se debe colocar sobre un perfil transversal.
- Colgar el conjunto de elementos de forma simétrica (en el centro de gravedad).
- Ángulo máx. de extensión de la suspensión: 60°.
- Antes de la elevación: Retirar las piezas sueltas del encofrado y de las plataformas.



El gancho de elevación Framax sirve exclusivamente para trasladar elementos Framax y Alu-Framax y conjuntos de elementos de estos. En ningún caso se deben desplazar elementos de otros fabricantes. Se prohíbe su utilización para usos distintos a los aquí definidos.

- Comprobar eventuales desperfectos o deformaciones visibles de los ganchos de desplazamiento antes de cada uso.
- Se prohíbe el uso en caso de perfiles dañados (abollados).
- ¡No desencofrar nunca con los ganchos de desplazamiento! (sobrecarga de la grúa).
- Los ganchos de desplazamiento deben ser comprobados por un experto una vez al año.
- Las reparaciones únicamente deben ser llevadas a cabo por el fabricante.

## SISTEMAS DE CONSOLAS DE TREPADO CB-140.

FABRICANTE

**1.- ALCANCE**

Lo establecido en estas instrucciones se deberá tener en cuenta en todos los montajes y desmontajes de consolas de trepado CB 240.

Las presentes instrucciones son generales para el montaje del sistema CB240 de consolas de trepado de PERI. Su ámbito es, por tanto, una situación óptima para la realización de las labores en ellas reflejadas. Resultaría imposible poner de manifiesto todos los pormenores que se pueden dar en una obra.

Las incidencias propias del entorno de trabajo que se puedan dar durante el montaje deberán ser resueltas por el personal de obra. Para aquellas en que el sistema pueda verse afectado se podrá recurrir al asesoramiento del departamento técnico de PERI.

Lo establecido en estas instrucciones se podrá complementar con planos específicos tanto para aplicaciones estándar como las no estándar.

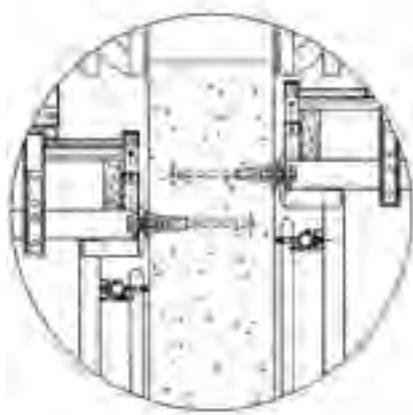
**2.- NORMAS BÁSICAS DE MONTAJE Y DESMONTAJE**

Con el fin de combatir los riesgos en su origen, evitando sus consecuencias o reduciéndolas al máximo posible, se recomienda seguir las siguientes normas básicas:

- 1.- Todos los trabajadores dispondrán de los equipos de protección individual y sabrán usarlos. Ambas obligaciones son inexcusables.
- 2.- Será atendida de inmediato cualquier observación que el responsable del equipo, encargado de montaje o superior jerárquico, hagan en cuanto a las medidas de prevención.
- 3.- Antes de comenzar el montaje, el encargado del mismo planificará las cargas, descargas, acopio del material, replanteo y señalización de las zonas en que se vaya a intervenir, atendiendo en su caso las indicaciones del Jefe de Obra o persona delegada por la obra.
- 4.- El encargado de montaje revisará el material a pie de tajo, rechazando aquél que no reúna las condiciones necesarias para su utilización, notificando las incidencias a su superior jerárquico para proceder a su sustitución.
- 5.- Antes de comenzar la jornada laboral y durante la misma se tendrán en cuenta las limitaciones impuestas por los condicionantes atmosféricos adversos. Debiéndose interrumpir los trabajos con lluvia intensa, tormenta con aparato eléctrico o vientos que dificulten el manejo de determinadas piezas o la estabilidad de los operarios. En este sentido, durante el transporte vertical de la estructura, se dejará a criterio del responsable de la grúa la suspensión de los trabajos por fuertes lluvias o vientos.
- 6.- Antes de subir a una plataforma se revisará para evitar situaciones inestables. Nunca se subirá a una plataforma insuficientemente asegurada.
- 7.- Si no existe plataforma de trabajo o su ancho es menor de 60 cm el trabajador permanecerá atado con su arnés anti-caída para evitar caídas al vacío.
- 8.- Los desplazamientos verticales se realizarán siempre por la escalera de barco o similar instalada a tal efecto, no subiendo ningún trabajador que no disponga de su equipo completo de protección individual.  
Este desplazamiento puede realizarse utilizando los extensores JRG que retengan al trabajador en caso de caída al vacío.
- 9.- Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento, se desmontarán de inmediato para su reparación o sustitución.

- 10.- Se debe prohibir el abandono en las plataformas de materiales o herramientas que puedan caer o hacer tropezar al caminar sobre ellas.
- 11.- Las tomas eléctricas para conectar pequeña maquinaria o herramienta eléctrica serán designadas por un responsable de obra, debiendo estar las mismas perfectamente protegidas.
- 12.- Por motivos de seguridad, se atenderá a los puntos siguientes.
  - Si a ambos lados de la pared se instalan encofrados trepantes en los que los puntos de apoyo se hallasen situados directamente uno frente a otro, debemos desfasar siempre los anclajes de una cara con respecto de la de enfrente. Cada sistema trepante debería poseer su propio anclaje, porque de lo contrario existe riesgo de caída durante el montaje.

Ver detalle:



- En los extremos de andamio de las plataformas que están en uso continuamente, (plataformas de trabajo, plataformas intermedias, plataformas de hormigonado), se deberá prever una prolongación de la plataforma protegida con barandilla como seguro contra-caídas.
- 13.- La manipulación de los encofrados sobre el sistema de trepa, así como el traslado vertical del sistema completo con encofrado, se deberá efectuar sólo con velocidades de viento que permitan trabajar con la grúa en condiciones de seguridad. La determinación de éste criterio corresponderá al responsable de la grúa.
  - 14.- Además, en el traslado horizontal del sistema de trepa, el carro de desplazamiento se bloqueará, mediante una cuña, en la posición de seguridad "totalmente adelante" o "totalmente atrás".

### 3.- DESCRIPCIÓN Y CONDICIONANTES

#### 3.1.- Descripción del sistema.

La consola de trepado CB - 240 es un elemento que sirve como plataforma de trabajo y como estructura portante para un encofrado mural, permitiendo el ascenso progresivo, tanto del encofrado mural como de la plataforma de trabajo.

Así, la consola de trepado CB-240 se compone de:

- Una estructura metálica en celosía que se ancla a elementos ya terminados de un edificio u obra.
- La plataforma de trabajo que permite realizar los trabajos previstos en la manipulación de los encofrados.
- Y los elementos de conexión a un encofrado mural, como son el perfil vertical CB, los tornapuntas o el carro de desplazamiento CB-240, que permite realizar los desplazamientos horizontales del encofrado.

Para la colocación de los distintos sistemas de encofrado mural PERI consulte las instrucciones específicas del sistema de cual se trate.

El anclaje de la consola CB-240 a cualquier elemento de un edificio u obra ya ejecutado, debe haber sido previsto con anterioridad a su ejecución, dado que en su superficie, deben estar correctamente instalados los correspondientes conos de trepado. Es decir, **es extremadamente importante la colocación de los conos de anclaje / trepado en espera en el encofrado ya ejecutado para proceder a la ejecución de la siguiente tongada.**

### 4.- INSTRUCCIONES DE MONTAJE

#### 4. 1.- Instrucciones de montaje de un conjunto de consolas CB-240

1. Comprobación visual del terreno (firmeza, desnivel, etc...), de la zona de montaje y acopio de materiales y señalización de las mismas, de ser necesario.
2. Prever una zona de trabajo de las dimensiones necesarias (L) para poder realizar los trabajos previstos en el proyecto.
3. Colocar la 1ª consola sobre su parte posterior, y aplomarla.



4. Colocar la 2ª consola a la distancia definida en el proyecto, ayudándonos de un separador que unimos a la propia consola. (para fijar el separador usar gatos de carpintero).



5. Colocar los tubos de arriostamiento entre consolas, uniéndolos con las grapas de unión.



6. Sobre las consolas prefabricadas, situamos en su sitio el primer tablón o viga PERI para realizar la plataforma de trabajo. Estas vigas o tablonos se unen a la consola, mediante tirafondos 8/80.



7. Colocamos el resto de los tablonos, vigas, etc.



8. En otra zona, se procede al montaje del carro CB-240 (en caso de que sea necesario) sobre la consola y se conecta en sus puntos de unión a la misma.



9. Colocación de los guarda-cuerpos.



<p>10. Se coloca el piso de madera de las plataformas con tabloncillo de 15 x 5 cm. Se eliminarán todos aquellos que tengan nudos, imperfecciones, etc.</p> <p>i. NOTA: El entablado, se empieza colocando los tabloncillos de los extremos para después, colocar los demás consiguiendo alinearlos mediante la colocación de una cuerda que nos sirva de guía.</p> <p>ii. NOTA: En aquellas plataformas, en las que el piso de trabajo es metálico y ya viene conformado de taller, estas se colocarán en el punto 6, para proceder a colocar el carro CB-240 en el punto 8. Si las barandillas son también metálicas, éstas se colocarán igualmente en el punto 9.</p>	
<p>11. Una vez colocado el entablado, comprobar que el carro CB-240 realiza todo su recorrido sin dificultad.</p>	
<p>12. Colocamos entonces las barandillas y rodapiés.</p>	
<p>13. En otra zona de montaje, colocar las bases de plataforma inferior separadas a la distancia de proyecto (L).</p>	
<p>14. Situar los tabloncillos, vigas, (o la plataforma metálica ya terminada) etc. destinadas a realizar la plataforma.</p>	
<p>15. Realizar el entablado del piso con tabloncillo de 15 x 5 cm.</p>	

#### 4.2.- Secuencia izado de un conjunto de consolas CB-240.

1. Para colocar el conjunto de trepa por primera vez, es necesario realizar la 1ª tongada de hormigón y colocar el sistema de anclaje de la trepa (Ver nota detalle). (según tipo de encofrado ver información específica)

ATENCIÓN, en esta operación no podemos olvidar situar en el encofrado los conos de anclaje en su posición exacta, dado que ellos son el punto de apoyo de las consolas en sus fases de trepado.

POSICIÓN DEL ENCOFRADO EN LA 1ª TONGADA - Nota: no olvidar la colocación de los conos de trepado / anclaje en el encofrado para poder ejecutar la siguiente tongada

2. Una vez fraguado suficientemente el hormigón hasta la primera junta de hormigonado, colocar la unidad de trepa pre-montada en el punto de anclaje (cono de trepado ya previsto), y asegurarla contra el viento instalando el tirante contraviento.



3. Montar el panel de encofrado sobre la consola y fijarlo a los puntos de unión (según tipo de encofrado ver información específica)

ATENCIÓN, en esta operación, tampoco podemos olvidar situar en el encofrado los conos de anclaje en su posición exacta, dado que ellos son el punto de apoyo de las consolas en sus fases de trepado.

**NOTA: PARA ACCEDER A LA PLATAFORMA SUPERIOR DE HORMIGONADO, SE DEBERA PREVER UNA ESCALERA CON CARACTERÍSTICAS ANTIDESLIZANTES EN SUS PELDAÑOS. SE RECOMIENDA, ADEMÁS, PROTEGERLA EN TODO SU PERÍMETRO CON UN CAJETIN GUARDACUERPOS PARA PROTEGER AL USUARIO DE CAIDAS DURANTE SU UTILIZACION.**



<p>4. Se procede a hormigonar la 2ª fase del muro.</p>	
<p>5. Soltar tanto los anclajes Dywidag del encofrado como el anclaje de avance, desplazar el encofrado hacia atrás utilizando el carro de desplazamiento, limpiar el panel mediante PERI Bio-Clean o producto similar, y montar el nuevo anclaje de avance para continuar con el proceso constructivo.</p>	
<p>7. Se fijan los perfiles de la plataforma de seguimiento.</p>	
<p>8. Izaremos el conjunto con la grúa para que la plataforma de seguimiento se sitúe en su posición definitiva.</p>	
<p>9. Finalmente fijaremos la articulación de los perfiles verticales sin soltar el conjunto de la grúa. Dejaremos instalados los perfiles de los guardacuerpos, las barandillas y los rodapiés.</p>	

10. Entonces, colocar la unidad de trepa pre-montada en el punto de anclaje, y asegurarla contra el viento mediante colocación del tirante contraviento.

**NOTA: PARA ACCEDER A LA PLATAFORMA INFERIOR, SE DEBERA PREVER UNA ESCALERA CON CARACTERÍSTICAS ANTIDESLIZANTES EN SUS PELDAÑOS. SE RECOMIENDA, ADEMÁS, PROTEGERLA EN TODO SU PERÍMETRO CON UN CAJETIN GUARDACUERPOS PARA PROTEGER AL USUARIO DE CAIDAS DURANTE SU UTILIZACION.**



11. Limpiar los paneles, colocar la armadura, cerrar el encofrado y hormigonar la 3ª fase. Ahora comienza el ciclo regular.

#### **4.3.- Verificaciones en el encofrado**

- 1.- Verificar conos de anclaje. (tienen que estar engrasados antes de hormigonar para poder ser recuperados sin esfuerzos).
- 2.- Verificar la unión de la consola de trepa con el anillo de anclaje.
- 3.- En el momento en que cerremos el encofrado, las consolas deben estar situadas haciendo tope, y el apoyo inferior presionando contra el hormigón.
- 4.- Verificar que los tornapuntas que han servido para aplomar el encofrado, están ligeramente comprimidos contra el paramento.
- 5.- Podemos ayudarnos de escantillones en la coronación para que la medida al final del encofrado sea la adecuada de manera que el conjunto del encofrado más la consola, no tengan que absorber holguras.
- 6.- Comprobar que la colocación de los conos de trepa es correcta y se ha efectuado para la ejecución de la toncada posterior.
- 7.- Comprobar que todos los tirantes Dywidag del encofrado (entre caras y en esquinas) están correctamente tensados. Esto además hay que verificarlo durante el proceso de hormigonado, ya que la acción de los vibradores sobre las barras puede destensarlos.

## ENCOFRADO CIRCULAR METÁLICO

FABRICANTE



### 1.- OBJETO

El objeto de las siguientes instrucciones es informar sobre el sistema de montaje y desmontaje más efectivo, para el cumplimiento de la legislación vigente en materia de Prevención de Riesgos Laborales.

### 2.- ALCANCE

Lo establecido en estas instrucciones se deberá tener en cuenta en todos los montajes y desmontajes de encofrados metálicos circulares.

Las presentes instrucciones son generales para el montaje del sistema de encofrados metálicos circulares de PERI. Su ámbito es, por tanto, una situación óptima para la realización de las labores en ellas reflejadas. Resultaría imposible poner de manifiesto todos los pormenores que se pueden dar en una obra.

Las incidencias propias del entorno de trabajo que se puedan dar durante el montaje deberán ser resueltas por el personal de obra. Para aquellas en que el sistema pueda verse afectado se podrá recurrir al asesoramiento del departamento técnico de PERI.

Lo establecido en estas instrucciones se podrá complementar con planos específicos tanto para aplicaciones estándar como las no estándar.

### 3.-NORMAS BÁSICAS DE MONTAJE Y DESMONTAJE

Con el fin de combatir los riesgos en su origen, evitando sus consecuencias o reduciéndolas al máximo posible, se recomienda seguir las siguientes normas básicas:

LAS NORMAS BASICAS SON IDENTICAS A LAS DEFINIDAS PARA EN EL PROCEDIMIENTO DEL ENCOFRADO TREPANTE DE PERI.

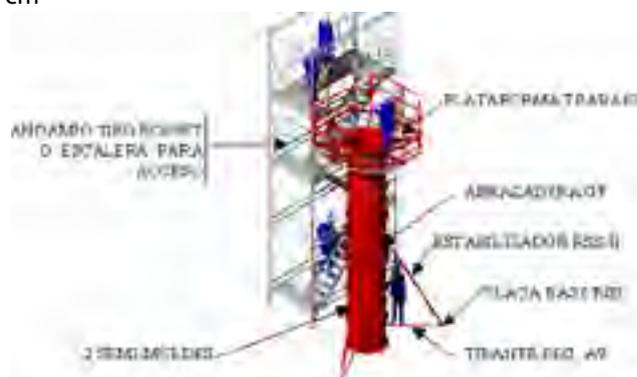
ADEMÁS SE INCLUYE LA SIGUIENTE MEDIDA: La manipulación de los encofrados sobre el sistema de trepa, así como el traslado vertical del sistema completo con encofrado, se deberá efectuar sólo con velocidades de viento que permitan trabajar con la grúa en condiciones de seguridad. La determinación de éste criterio corresponderá al responsable de la grúa.

### 4.- DESCRIPCIÓN E INSTRUCCIONES

#### 4.1.- Descripción del sistema

El sistema de encofrado metálico para pilares circulares está compuesto por los siguientes elementos.

- Semimoldes con diámetros comprendidos entre 25 cm y 100 cm
- Bulón D=20 mm.
- Cuña P/20
- Abrazadera Gp
- Bulón D=16\*55 mm
- Grupilla de seguridad R-4
- Estabilizadores tipo RSS-II
- Tirante Regulable AV
- Placa base RSS





## 4.2.- Instrucciones de montaje

1.- En primer lugar se ha de comprobar que la zona de premontaje no presente deficiencias que impidan el correcto montaje y/o la seguridad de las personas.

Estas deficiencias entre otras pueden ser:

- Firmeza,
- Estabilidad,
- Desnivel del suelo,
- Presencia de otros trabajos que puedan interferir, etc.

2.- Decidida la zona, se ha de señalar convenientemente para impedir el paso al personal que no esté asignado al montaje. Es deseable que la zona de premontaje esté próxima a la zona de utilización para evitar traslados.

3.- Señalizamos mediante topes la situación definitiva del encofrado, y situaremos en su posición definitiva las placas base RSS mediante anclaje Hilti o similar.

4.- Sobre el primer semimolde, montaremos las abrazaderas Gp, los estabilizadores RSS-II y tirantes AV los uniremos a estas mediante el bulón D=16\*55 mm con grupilla de seguridad R-4 la cual se aloja en el taladra que el bulón tiene a tal efecto, y colocaremos en su posición la plataforma de trabajo y las barandillas de protección.

5.- Mediante grúa, izaremos el semimolde y lo colocaremos en su posición definitiva, con la ayuda de las marcas o topes que realizamos con anterioridad.

6.- Conectamos los estabilizadores con las placas base RSS y con la ayuda de estos y cuñas de madera, nivelamos y aplomamos el semi-molde hasta que lo situemos en la posición correcta y definitiva.

7.- Colocamos las plataformas de trabajo y barandillas sobre el 2º semimolde.

8.- Mediante grúa, izaremos el 2º semimolde y lo situaremos frente al primer semimolde.

9.- Sin soltar la grúa, uniremos los dos semi-moldes mediante el sistema de bulón y cuña para lo cual se podrá emplear para el acceso una escalera de mano guardando las pertinentes medidas de seguridad en su uso. Realizada la unión soltaremos la grúa.

10.- Preparamos un andamio tipo Rosett con desembarco al nivel de la plataforma del encofrado del pilar, para facilitar el acceso a la misma.

11.- El encofrado está listo para hormigonar.

12.- Una vez hormigonado y alcanzada la resistencia mínima requerida en el proyecto de construcción de la obra para el hormigón, se realiza el desencofrado.

13.- Quitamos los bulones y las cuñas de la unión dejando puestos al menos 4 de ellos, dos en la parte superior y dos en la parte inferior.

14.- Cogemos el 2º semimolde con la grúa y procedemos a quitar el resto de bulones-cuña.

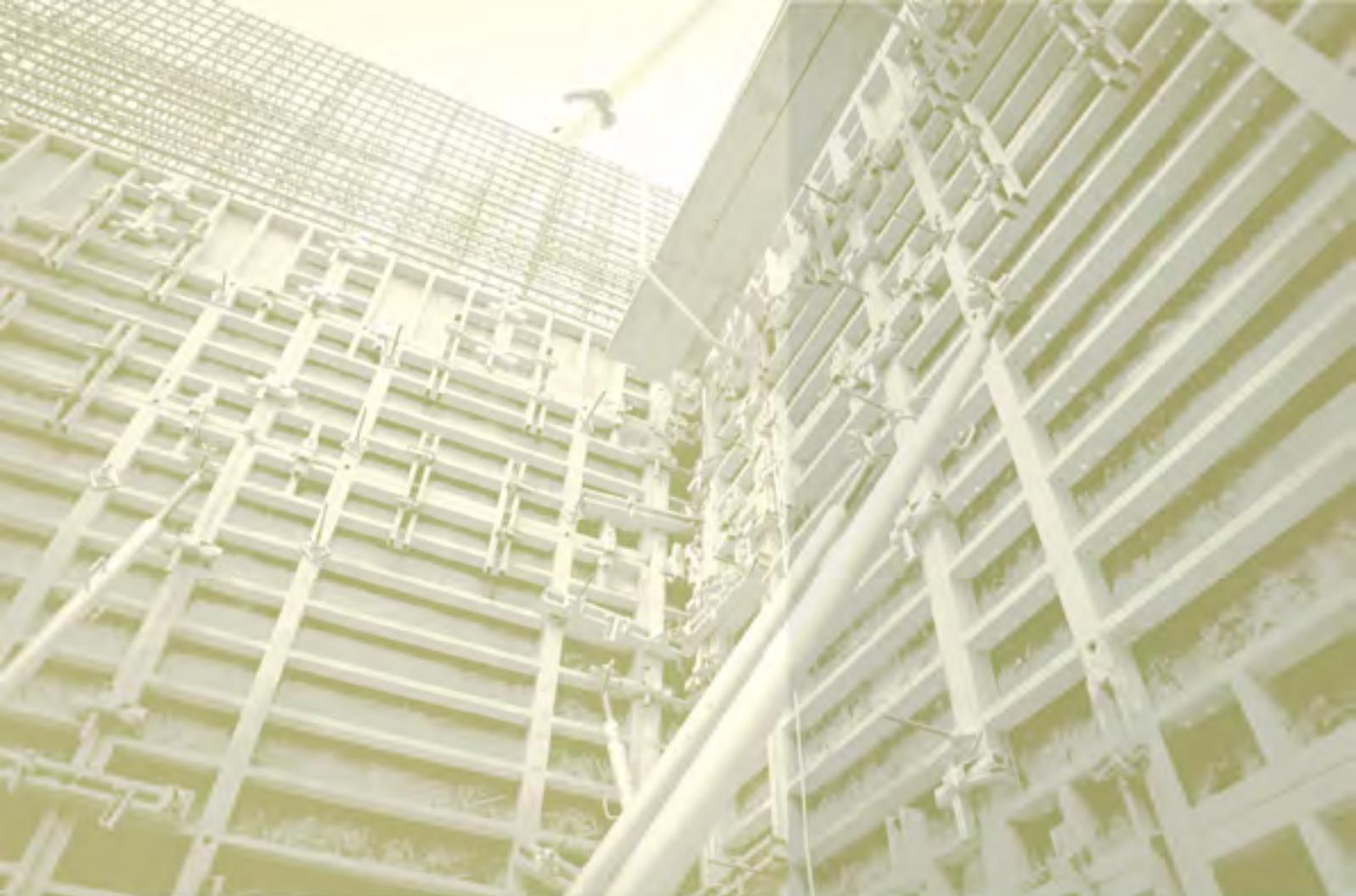
15.- Con la grúa llevamos el semimolde a la zona de acopio.

16.- Cogemos con grúa el primer semimolde, desconectamos los estabilizadores de las placas base RSS y lo llevamos a la zona de acopio.

17.- Retiramos las placas bases RSS.

## BIBLIOGRAFÍA

- *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de Riesgos Laborales en las obras de construcción.* Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- *Guía Práctica de Coordinación de Seguridad y Salud en fase de Ejecución de la Obra.* IRSST y Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid (COAATM).
- *Guía Práctica de Encofrados.* OSALAN, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales.
- Pradera Diéguez, J. (et al.) (2007). *Guía práctica del coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de obras de construcción.* OSALAN, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales.
- Arévalo Sarrate, C., Rubio Gámez, M.C., Ondina Alonso, A. (2007). *Guía Técnica, Criterios de actuación en materia de seguridad y salud en obras públicas.* Junta de Andalucía. Dirección General de Seguridad y Salud Laboral.
- *Informe anual sobre la accidentalidad laboral en el sector de la Construcción. Sistema Delt@ 2005.* SEOPAN.
- *Catálogo General de Encofrados .* ULMA C y E, S. Coop
- *Sistemas de Encofrado de Muros.* Encofrados J. Alsina, SA
- *Sistemas de Apuntalamiento.* Encofrados J. Alsina, SA
- *Sistemas de Encofrados Trepantes.* Encofrados J. Alsina, SA
- *Sistemas de Seguridad y Accesorios.* Encofrados J. Alsina, SA
- *Sistemas de Encofrados de Pilas.* Encofrados J. Alsina, SA
- *Sistemas de Encofrados de losas.* Encofrados J. Alsina, SA
- *Superficies Encofrantes.* Encofrados J. Alsina, SA
- *Sistemas de Encofrado para Muros.* Doka España Encofrados, SA
- *Sistemas de Encofrado para Forjados y losas.* Doka España Encofrados, SA
- *Sistemas de Trepas Doka.* Doka España Encofrados, SA
- *Cimbras y Estructuras Soporte Doka.* Doka España Encofrados, SA
- *Plataformas de Trabajo y Protección.* Doka España Encofrados, SA
- *Vigas de Encofrado.* PERI, S.A.U.
- *Encofrados para Muros.* PERI, S.A.U.
- *Encofrados para Pilares y Columnas.* PERI, S.A.U.
- *Encofrados para Losas.* PERI, S.A.U.
- *Sistemas Trepantes.* PERI, S.A.U.
- *Encofrados para Puentes y Túneles.* PERI, S.A.U.
- *Instrucción técnica de montaje "VR01-00" "Mesas\_VR: montaje de planchada".* ULMA C y E, S. Coop.
- *Instrucción técnica de montaje "VR03-00" "Mesas\_VR: montaje de mesas con puntales EP".* ULMA C y E, S. Coop.
- *Instrucciones técnicas de montaje "R07-01" "Rapid y Recub con puntal y redes bajo forjado".* ULMA C y E, S. Coop.
- *Instrucciones técnicas de montaje "CC07-01" "CC4: Losa Maciza-Grapa Perimetral) Montaje desde Abajo".* ULMA C y E, S. Coop.
- *Competencia en encofrados para su obra. Seguridad con Doka. Seguridad para su obra.* Doka España Encofrados, SA.



FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT

COLABORA:  
Instituto Regional  
de Seguridad y Salud en el Trabajo