

Manual de cimbras autolanzables



CONFEDERACIÓN NACIONAL
DE LA
CONSTRUCCIÓN



MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

CONFEDERACIÓN NACIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN

CALLE DIEGO DE LEÓN N.º 50 - 2ª PLANTA

28006 MADRID

TEL: 91 561 97 15 FAX: 91 561 52

WWW.CNC.ES

DEPÓSITO LEGAL: NA- 2955/2007

GRUPO DE TRABAJO REDACTOR DEL DOCUMENTO

Presidente del G.T.

José Emilio Herrero

FERROVIAL-AGROMAN

Coordinador del G.T.

Ricardo Cortés Sánchez

SEOPAN

Redactores del documento

D. Ricardo Llago Acero

ACCIONA INFRAESTRUCTURAS

D. Francisco Javier Encinas

CORSAN CORVIAM

D. Carlos Polimón Olabarrieta

DRAGADOS/FPS

Dña. Fátima Otero Vieitez

ESTRUCTURAS Y MONTAJES

D. Rodolfo Vázquez Castejón

FCC CONSTRUCCIÓN

D. Manuel Olivera Marañón

FERROVIAL-AGROMAN

D. Adolfo Agra Barbero

IES, S.A.

D. Luis Sobrón Lumbreas

OHL

D. Juan Lozano Saiz

PUENTES Y CALZADAS

D. Jose M^a de Villar Luengo

TORROJA INGENIERÍA, S.L.

D. Benjamín Navamuel Aparicio

ULMA

D. Luis Villamonte Varela

MECANOTUBO/ULMA

Miembros del G. de T. y colaboradores

D. Rafael Rojas Castillo

CORSAN CORVIAN

D. Manuel Patiño Cajide

DRAGADOS/FPS

D. Francisco Millanes Mato

IDEAM, S.A.

D. Albert Mas Soler

MECANOTUBO

D. Jose Luis Nuñez

OHL

D. Antonio J. Madrid

PROES

D. Constantino Seara

PUENTES Y CALZADAS

D. Jose Simón Talero

TORROJA INGENIERÍA, S.L.

D. Andrés del Valle

TORROJA INGENIERÍA, S.L.

D. Ignacio Mendi

ULMA

D. Ander Olló Odriozola

ULMA

Presentación

Las características geométricas de las infraestructuras lineales son hoy día muy exigentes, tanto por razones paisajísticas y medioambientales, como por razones de comodidad, seguridad de la circulación vial y prestaciones de la carretera o del ferrocarril. Estas demandas implican que, cada vez con más frecuencia, sea necesario abordar la construcción de puentes y viaductos que, por su altura y longitud, requieren el empleo de equipos auxiliares a la vez complejos en su estructura y operación, habiéndose producido un cierto desfase entre el necesario empleo de esos medios y el establecimiento de procedimientos y recomendaciones para incrementar su seguridad y control.

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y por iniciativa y de su responsable D. Francisco Criado, consideró que el sector de la construcción a través de su Confederación Nacional debería reflexionar y debatir sobre la materia y alumbrar en su caso manuales de diseño, montaje y operación –comenzando por las cimbras autolanzables- todo ello con el fin de promover y establecer las correspondientes acciones preventivas y de seguridad en su empleo. Este manual pretende dar respuesta a esta iniciativa.

Elaborado por un amplio grupo de especialistas expertos en proyectos, construcción de estructuras y en la fabricación, empleo y operación de cimbras, quiero agradecer en la persona de su líder José Emilio Herrero el magnífico trabajo realizado y la disponibilidad generosa de todos sus miembros.

Asimismo este manual no hubiera sido posible sin la colaboración de la Comisión Técnica de SEOPAN y, en concreto, de Ricardo Cortés, cuya experiencia, esfuerzo y dedicación coordinando y poniendo negro sobre blanco el manual han sido indispensables.

Por último, y no menos importante, es justo agradecer el consejo sabio y exigente de José Luis Elvira, Director Técnico de la Dirección General de Carreteras, inspirador también de la necesidad de este manual.

Muchas gracias a todos.

Juan Fco. Lazcano Acedo

Presidente

Confederación Nacional de la Construcción (CNC)

Preámbulo

Las cimbras autolanzables son equipos auxiliares adecuados para la construcción de tableros de viaductos de luces medias y gran longitud. Hoy en día se utilizan con mucha frecuencia tanto para la construcción de viaductos de ferrocarril como de carretera.

Sin embargo, tanto en España como en otros países es escasa la bibliografía sobre estos equipos. Ante esta situación la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento consideró que debía impulsar la redacción de un manual que recogiese recomendaciones para incrementar su seguridad y control. Al tratarse de equipos auxiliares para la construcción parecía lógico que el documento se redactase con el apoyo de las asociaciones de empresas constructoras por lo que se encargó a la CNC que a su vez contó con la colaboración de SEOPAN para la redacción del documento.

Un documento sobre cimbras autolanzables debía contar con la participación de profesionales especializados en diferentes ámbitos. Así se reunieron en un grupo multidisciplinar, personas que provenían de: Oficinas técnicas de constructoras, Parques de maquinaria, Fabricantes de cimbras autolanzables, Ingenierías de proyecto de puentes. Todos ellos bajo el encargo de redactar un documento que regulase el proyecto y utilización de este tipo de equipos.

Para incrementar la seguridad de las cimbras autolanzables, se han utilizado dos principios: dar recomendaciones que, basadas en la experiencia de los participantes en el grupo de trabajo, eviten situaciones de riesgo comprobadas en el pasado, e implementar en las cimbras autolanzables los procedimientos de proyecto control y supervisión que son habituales en las estructuras definitivas, adaptándolos en todo lo que les sea específico.

A lo largo del documento se tratan los siguientes aspectos:

Capítulo 1. Aspectos generales y principios en los que se basa el documento.

Capítulo 2. Se dan recomendaciones para la redacción del proyecto de la cimbra tratando entre otros temas, las bases de cálculo donde se indican las acciones y combinaciones a considerar, y el manual de operaciones.

Capítulo 3. Se abordan aspectos específicos para la reutilización de estos equipos. Se indica que para cada nueva utilización de una cimbra debe hacerse un proyecto específico para esa utilización.

Capítulo 4. Se tratan los aspectos relativos a la fabricación de la cimbra, con descripción del proceso que se sigue desde la elaboración de los planos de taller, recepción de materiales, operaciones de fabricación, y control.

Capítulo 5. Se dan recomendaciones sobre la recepción del material en obra y su control así como las diferentes posibilidades y condicionantes para el montaje. Se dan indicaciones para el control del correcto montaje.

Capítulo 6. Se abordan los diferentes procedimientos para la operación de la cimbra, desde el ferrallado y hormigonado hasta el desencofrado y avance. Se indican también puntos de chequeo a verificar antes de determinadas operaciones.

Capítulo 7. Da recomendaciones sobre el plan de seguridad y salud, identificando riesgos y operaciones a contemplar.

Capítulo 8. Este capítulo resume algunas de las recomendaciones más útiles tanto para los usuarios de cimbras autolanzables como los proyectistas del puente.

Anejo 1. Se hace un resumen de tipologías de cimbras autolanzables y sus usos. Este anejo está dirigido a aquellos que sean menos conocedores de este tipo de equipos

Anejo 2. Establece las relaciones entre los diferentes agentes que intervienen en las cimbras autolanzables abarcando su proyecto, construcción, montaje y operación.

Anejo 3. Se dan recomendaciones para la organización y nivel de definición de los planos del proyecto.

Al tratarse del primer documento sobre este tema, puede haber recomendaciones que durante su aplicación práctica se detecte que deben ser complementadas o corregidas. Es, por tanto, muy recomendable que pasado un periodo de “rodaje” este documento sea corregido, avanzando en la línea de incrementar cada vez más la seguridad de estos equipos.

Finalmente hay que agradecer la participación de todos los miembros del grupo de trabajo, por el esfuerzo que les ha supuesto redactar un documento como éste en poco más de un año.

José Emilio Herrero

Presidente del Grupo de Trabajo

ÍNDICE

1. Introducción	15
1.1. Ámbito de aplicación, objetivo del documento y principios que lo orientan	15
1.2. Descripción y clasificación de las cimbras autolanzables más comunes	19
1.3. Responsabilidades y relaciones entre diferentes agentes que intervienen en la utilización de cimbras: propiedad, constructor, asistencia técnica	21
1.4. Criterios recomendables para incrementar la seguridad en la utilización de estos equipos	22
1.5. Documentos normativos de referencia	24
2. Proyecto de la cimbra	25
2.1. Contenido del proyecto	25
2.1.1. Memoria	26
2.1.2. Anejo de cálculo	27
2.1.3. Planos	29
2.1.4. Pliego de especificaciones técnicas	31
2.1.4.1. Fabricación	32
2.1.4.2. Transporte y recepción en obra	34
2.1.4.3. Validación del montaje	34
2.1.4.4. Control en operación	35
2.1.4.5. Control en desmontaje	35
2.1.5. Manual de operación	36
2.1.6. Manual de prevención de riesgos	36
2.2. Datos de partida	36
2.2.1. Parámetros geométricos del puente	37
2.2.2. Parámetros estructurales	40
2.2.3. Interacción con el puente	42
2.2.4. Parámetros para el transporte montaje y desmontaje	42
2.2.5. Condicionantes de operación e interferencia con el entorno	43
2.3. Bases de cálculo	44

2.3.1. Acciones.....	45
2.3.1.1. Peso propio y cargas muertas.....	45
2.3.1.2. Pretensado del tablero.....	45
2.3.1.3. Sobrecarga peso del hormigón.....	45
2.3.1.4. Presión del hormigón.....	47
2.3.1.5. Sobrecargas de uso.....	48
2.3.1.6. Acciones climáticas.....	48
2.3.1.7. Acciones accidentales.....	50
2.3.1.8. Componentes horizontales de cargas verticales.....	51
2.3.2. Combinaciones.....	51
2.3.2.1. Estados límite últimos de rotura.....	51
2.3.2.2. Estados límite últimos de equilibrio.....	54
2.3.2.3. Estados límites de servicio.....	54
2.3.3. Dimensionamiento.....	55
2.3.4. Otras consideraciones.....	55
2.3.4.1. Deformación de la cimbra.....	55
2.3.4.2. Asiento de bulones.....	56
2.3.4.3. Reparto de cargas en varios apoyos.....	57
2.3.4.4. Concentración de cargas.....	57
2.3.4.5. Cálculo de datos para el control de operaciones.....	57
2.4. Manual de operaciones.....	58
2.4.1. Introducción y alcance.....	58
2.4.2. Transporte.....	59
2.4.3. Montaje y desmontaje.....	59
2.4.3.1. Zonas de acopio y premontaje.....	59
2.4.3.2. Eslingado.....	60
2.4.3.3. Premontaje y montaje.....	60
2.4.3.4. Primer montaje.....	61
2.4.3.5. Semi-desmontaje.....	64
2.4.3.6. Desmontaje final.....	64
2.4.3.7. Despiece.....	64
2.4.3.8. Equipamientos hidráulicos, eléctricos.....	64
2.4.4. Manual de maniobra y cinemática.....	64
2.4.5. Seguridad y prevención de accidentes.....	68

ÍNDICE

2.4.6. Control.....	69
2.5. Uniones.....	70
2.5.1. Necesidad e importancia de las uniones.....	70
2.5.2. Comportamiento de las uniones.....	71
2.5.3. Recomendaciones generales para el diseño de la unión.....	71
2.5.4. Dimensionamiento y comprobación de la unión.....	73
2.5.5. Tipos de unión atendiendo a su temporalidad.....	74
2.5.6. Tipos de unión atendiendo al elemento de fijación.....	75
2.5.7. Uniones soldadas.....	75
2.5.8. Uniones atornilladas.....	76
2.5.9. Uniones bulonadas.....	78
2.5.10. Uniones con barras pretensadas.....	79
2.5.11. Protección contra la corrosión. Mantenimiento de la unión.....	81
2.6. Elementos eléctricos, hidráulicos y mecánicos.....	82
3. Proyecto para sucesivas aplicaciones de la cimbra.....	85
3.1. Reutilización de equipos.....	85
3.2. Condiciones que debe cumplir el proyecto para sucesivas aplicaciones.....	87
3.3. Validación de la cimbra para sucesivas aplicaciones.....	88
3.4. Utilización de equipos anteriores a estas recomendaciones.....	91
4. Fabricación.....	93
4.1. Aspectos generales.....	93
4.2. Planos de taller.....	94
4.2.1. Contenido de los planos de taller.....	94
4.2.2. Revisión y aprobación de los planos de taller.....	96
4.2.3. Modificación de los planos de taller.....	96
4.2.4. Documentación auxiliar elaborada a partir de los planos de taller.....	96
4.3. Recepción de materiales.....	97
4.3.1. Materiales siderúrgicos.....	98
4.3.2. Subconjuntos estructurales o productos semielaborados.....	98
4.3.3. Equipos.....	100
4.3.4. Manipulación y almacenamiento.....	100

4.4. Trazabilidad.....	100
4.4.1. Registro.....	100
4.4.2. Marcas de identificación.....	101
4.4.3. Transmisión de la información.....	102
4.5. Construcción en taller.....	102
4.5.1. Enderezado.....	102
4.5.2. Corte del material.....	103
4.5.3. Conformación.....	103
4.5.4. Taladrado.....	104
4.5.5. Soldadura.....	104
4.5.6. Montaje en blanco.....	106
4.6. Equipos. Montaje y pruebas.....	108
4.7. Control de calidad.....	109
4.7.1. Entidades de control.....	110
4.7.2. Planificación del control.....	110
4.7.3. Control de la ejecución.....	111
4.7.4. Distintivos de calidad.....	112
4.8. Tolerancias de ejecución.....	113
4.9. Manipulación, almacenamiento y transporte.....	113
5. Recepción, montaje y desmontaje.....	117
5.1. Control de las zonas de acopio, premontaje y montaje.....	118
5.2. Descarga y acopio clasificado.....	118
5.3. Control de materiales y equipos.....	119
5.4. Premontaje.....	120
5.5. Montaje.....	121
5.6. Desmontaje.....	123
5.7. Control del montaje.....	123
6. Operación de la cimbra.....	125
6.1. Objeto y alcance del capítulo.....	125
6.2. Operaciones relativas al ferrallado y hormigonado.....	126
6.2.1. Procedimientos.....	128

ÍNDICE

6.2.2. Procedimiento de hormigonado.....	128
6.2.3. Procedimientos complementarios.....	131
6.2.4. Registro de las incidencias.....	136
6.3. Operaciones de lanzamiento.....	136
6.3.1. Procedimientos.....	138
6.3.2. Procedimiento de lanzamiento.....	139
6.3.2.1. Alcance del procedimiento.....	139
6.3.2.2. Descripción de los elementos que intervienen en el lanzamiento.....	139
6.3.2.3. Proceso de lanzamiento.....	149
6.3.2.4. Puntos de control durante el lanzamiento.....	151
6.3.3. Procedimientos complementarios.....	151
6.3.4. Puntos de chequeo y control durante el lanzamiento.....	151
6.3.5. Registro de las incidencias y otros datos.....	155
7. Seguridad y prevención de riesgos.....	157
7.1. Introducción y alcance.....	157
7.2. Recomendaciones de seguridad específicas.....	158
7.2.1. Riesgos.....	159
7.2.2. Actividades y operaciones. Precauciones.....	159
7.3. Recomendaciones de seguridad de carácter general.....	166
7.3.1. Riesgos.....	166
7.3.2. Epi's y protecciones colectivas.....	166
7.3.3. Plan de emergencia.....	167
7.3.4. Normas generales de seguridad.....	168
7.3.5. Formación/información.....	169
7.4. Seguridad estructural. Control.....	169
8. Recomendaciones de buena práctica.....	171
8.1. Elección de la cimbra autolanzable.....	171
8.2. Recomendaciones para el proyecto del tablero.....	172
8.3. Recomendaciones para el diseño de la cimbra.....	179
8.4. Recomendaciones para la obra.....	181

Anejo 1. Tipos de cimbras autolanzables	185
Anejo 2. Funciones a realizar en la ejecución de puentes con cimbra móvil	193
2.1. Funciones.....	195
2.2. Flujograma de funciones.....	196
2.3. Descripción de actuaciones para cada función.....	198
2.4. Medidas que conviene adoptar.....	199
Anejo 3. Definiciones mínimas exigibles en planos	201
3.1. Generalidades.....	203
3.2. Unidades y símbolos.....	204
3.3. Contenido de los planos del proyecto.....	204
3.4. División de la documentación gráfica.....	205
3.5. Planos definitivos (planos “as built”).....	205

1.

Introducción.

1.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN, OBJETIVO DEL DOCUMENTO Y PRINCIPIOS QUE LO ORIENTAN

El ámbito de aplicación del presente documento corresponde a las cimbras autolanzables, también conocidas como cimbras de avance.



Cimbra autolanzable bajo tablero

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

Se define como cimbra aquella estructura que tiene como misión soportar a otra estructura provisionalmente mientras se está ejecutando y adquiere la capacidad de soportar su propio peso (mientras el hormigón consigue resistencia suficiente, se introduce el pretensado, etc.). Una cimbra autolanzable tiene además la capacidad de trasladarse de una posición a la siguiente por sus propios medios.

En el presente documento se abordan las cimbras autolanzables desde el punto de vista de su seguridad estructural, siguiendo los esquemas y normas de seguridad habituales en estructuras. Se entiende por tanto que estos equipos se comportan fundamentalmente como estructuras, ya que su principal función es soportar cargas en situaciones estáticas. Por otra parte las cimbras autolanzables sufren una estrecha interacción estructural con el puente que construyen, por lo que es necesario utilizar los mismos esquemas de seguridad utilizados en el proyecto de puentes.

Además se abordan los temas relativos a su capacidad de movimiento, ya que esto supone unos riesgos y patologías que no se dan en otras estructuras. Muchas de las recomendaciones aquí incluidas pueden extenderse a otro tipo de cimbras móviles (como carros de voladizos y lanzadores de vigas o dovelas).

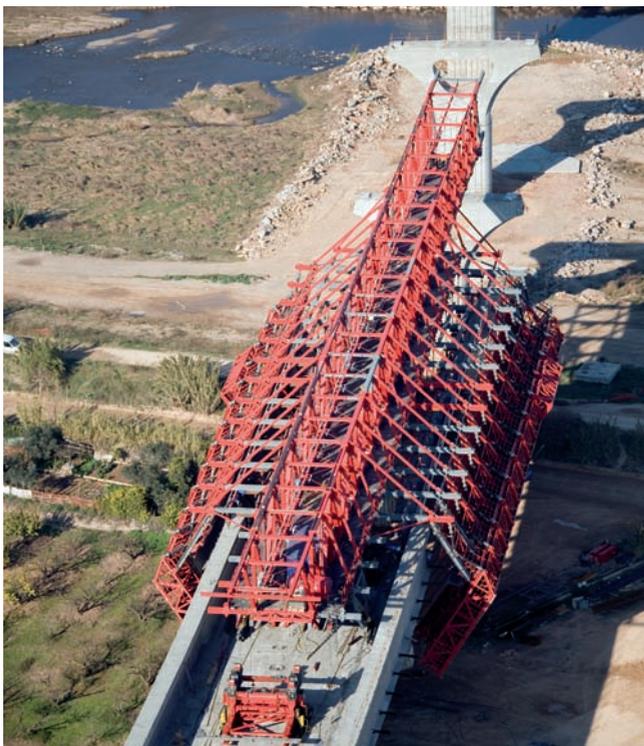


Las cimbras autolanzables son especialmente adecuadas para puentes de muchos vanos

INTRODUCCIÓN

Este documento no es una norma sino unas recomendaciones que no pretenden cubrir todos los casos y riesgos posibles en el proyecto y utilización de cimbras autolanzables. Es responsabilidad del Técnico encargado de cada actividad (proyecto, operación, montaje control) valorar la oportunidad de aplicación de cada recomendación. El objetivo de este documento es dar unas recomendaciones que incrementen la seguridad y el control de este tipo de cimbras, reduciendo los riesgos que implica el uso de estos equipos. Para ello se proponen los siguientes criterios:

- Aplicar los procedimientos de proyecto, fabricación y control habituales en las estructuras metálicas definitivas, añadiendo los aspectos específicos de estos equipos.
- Aprovechar la experiencia acumulada en muchas realizaciones con objeto de dar recomendaciones que eviten soluciones que en el pasado hayan dado problemas.



Cimbra sobre tablero

La concreción de estos criterios lleva a unas medidas generales (aplicables incluso a otros tipos de cimbra), y que están plasmadas en las recomendaciones del resto del documento:

- Antes de usar una cimbra autolanzable se debe exigir que haya un proyecto específico de la misma para esa aplicación concreta. No se aceptarán proyectos estándar para diferentes aplicaciones.
- El proyecto de una cimbra autolanzable debe incorporar un anejo con el manual de operaciones de la cimbra.
- El proyecto deberá estar firmado por un técnico con probados conocimientos en este tipo de estructuras y procesos constructivos, y visado por el Colegio Profesional competente. Al no ser necesaria la inclusión de un presupuesto, puede visarse como informe técnico. El autor del proyecto de cimbra debería tener una relación contractual directa o indirecta con el contratista principal.
- Las bases de cálculo usadas en el proyecto deben ser compatibles con las usadas en puentes. En el presente documento se aportan unas bases de cálculo para el proyecto de cimbras autolanzables.
- Cuando una cimbra autolanzable transmita sus cargas directamente al terreno deberá garantizarse la capacidad portante de éste.
- Todas las operaciones de montaje, funcionamiento y desmontaje deberán estar supervisadas y coordinadas por un técnico con la cualificación profesional suficiente. (para más detalle sobre las cualificaciones exigidas ver capítulos 5 y 6).
- El proyecto de estos equipos requiere un alto nivel de especialización, por tanto, los técnicos que revisen ese proyecto deben tener también ese nivel de especialización.

Las recomendaciones incluidas en el presente documento pretenden ser lo más sencillas posible compatibles con los objetivos antes descritos. Además, la eficacia de estas recomendaciones y la factibilidad en su cumplimiento, deberán ser revisadas en nuevas versiones. En siguientes versiones también deberían incluirse recomendaciones que eviten nuevos riesgos detectados.

1.2. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS CIMBRAS AUTOLANZABLES MÁS COMUNES.

En el anejo 1 se hace una descripción más detallada de los tipos de cimbra autolanzable. Se incluye en este apartado sólo un resumen del citado anejo.

Se trata de cimbras utilizadas para el hormigonado de tableros vano a vano, habitualmente hiperestáticos. La estructura principal está formada por celosías o cajones metálicos longitudinales que soportan el encofrado de un vano. Se apoyan en las pilas mediante ménsulas metálicas o montantes (ocasionalmente también en torres auxiliares) y en el extremo del puente ya construido. Sirven así mismo como plataforma de trabajo y protección durante la realización de los trabajos de ferrallado, pretensado etc.



Cimbra bajo tablero

Se pueden clasificar según su posición:

- **Cimbra bajo tablero.** En este caso las vigas longitudinales principales se sitúan debajo del tablero a construir.
- **Cimbra sobre tablero.** En este caso las vigas longitudinales se sitúan por encima del tablero del que cuelgan elementos de suspensión que soportan las vigas donde se apoya el encofrado.
- **Cimbra a media altura.** Las vigas longitudinales se colocan debajo de las alas y próximas a ellas, de forma que descuelgan poco bajo el fondo del tablero. En general este tipo se consideran también como cimbra bajo tablero.

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES



Cimbra autolanzable para dovelas prefabricadas vano a vano

Según el sistema de ejecución del tablero se pueden clasificar en:

- Cimbras para hormigonado in situ.
- Cimbras para dovelas prefabricadas vano a vano.

Desde el punto de vista del tipo de sección del tablero a hormigonar existen importantes diferencias en el funcionamiento de las cimbras:

- Sección cajón. Es la que habitualmente se dispone para las mayores luces de esta tipología (desde 40 a 70 m).
- Sección de losa aligerada. Usada habitualmente para luces entre 30 y 40 m.
- Sección en PI. En este caso no existe encofrado interior y la sección resulta muy ligera.
- Sección bi-nervada. Es una variante de la anterior en la que cada uno de los nervios es más grueso y a su vez se aligera. De esta manera se aumenta la cabeza de compresión en la zona de negativos.



Los elementos de cada una de estas cimbras suelen ser:

- Las vigas longitudinales
- Vigas transversales y encofrado.
- Encofrado interior. En general es replegable y pasa a través del diafragma de pila después de haber colocado la ferralla del vano siguiente.
- Ménsulas y Mesas de apoyo en pilas.
- Cuelgue trasero. Habitualmente se trata de tableros hiperestáticos, por lo que la unión entre dos fases se realiza en la zona de menores momentos flectores (entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{5}$ de la luz).

Existen diferentes procesos para el hormigonado de la sección transversal, este tema es importante fijarlo desde el proyecto ya que puede tener implicaciones de cálculo importantes.

1.3. RESPONSABILIDADES Y RELACIONES ENTRE DIFERENTES AGENTES QUE INTERVIENEN EN LA UTILIZACIÓN DE CIMBRAS: PROPIEDAD, CONSTRUCTOR, ASISTENCIA TÉCNICA.

La estrecha relación que existe entre una cimbra autolanzable y la estructura a la que sirve de soporte exige la coordinación de técnicos de diferentes especialidades. Por otra parte el proyecto, manejo y control de un equipo de este tipo exige la participación de técnicos altamente especializados no presentes habitualmente en las obras, en las oficinas de proyectos, y en las empresas de control de obra. Todo ello demanda una especial coordinación entre los agentes que participan en la construcción del puente. En el anejo 2 se describen las actividades de estos agentes, y sus responsabilidades en lo que se refiere a las cimbras autolanzables.



Sección multinervado o en M

Hasta ahora no han estado claramente explicitadas estas responsabilidades, por otra parte la necesidad de realizar un proyecto de cimbra para cada aplicación implica la supervisión de este proyecto.

Todas estas actividades y responsabilidades pueden resumirse en los siguientes puntos:

- El contratista deberá presentar a la propiedad un proyecto de la cimbra específico para esa aplicación.
- Una consultoría especializada en este tipo de equipos revisará el proyecto, en base a unas recomendaciones objetivas y claras contenidas en este documento.
- Durante el montaje y operación un coordinador validará las operaciones en base a criterios previamente fijados, y decidirá sobre la resolución de las incidencias de obra, decidiendo cuando sea necesario la consulta al autor del proyecto de cimbra.

1.4. CRITERIOS RECOMENDABLES PARA INCREMENTAR LA SEGURIDAD EN LA UTILIZACIÓN DE ESTOS EQUIPOS.

La capacidad de movimiento de las cimbras autolanzables hace que estén sometidas a muchas condiciones de apoyo y estados de carga diferentes. En general, suelen ser críticas tanto las condiciones de equilibrio como las de estados límites de rotura. Los estados límites de deformaciones no suelen tener consecuencias en la seguridad.



Cuelgue trasero

En las patologías de cimbras autolanzables existen una serie de factores que se repiten. Se pueden dar criterios que minimicen los riesgos que se producen con más frecuencia. Se resumen aquí algunos de esos criterios que son desarrollados a lo largo del documento:

- El diseño debería obedecer a un “esquema estructural claro”, esto es, debe resultar inequívoco el recorrido de las cargas y la misión de cada elemento.
- Para elementos críticos por sus características y función (como las barras de pretensar de los cuelgues traseros, cuyo fallo puede producir el colapso de la cimbra) debería asegurarse la resistencia mediante caminos redundantes.
- En cimbras con movimiento propio o asistido se deberían disponer enclavamientos que eviten que un error humano de operación, provoque el colapso o caída de la estructura.
- La provisionalidad de las cimbras no debería ser una excusa para la reducción de los coeficientes de seguridad, más allá de lo que lo que marque la normativa para situaciones transitorias. Los detalles y normas así como la fidelidad de la estructura montada respecto la proyectada debería obedecer al mismo rigor que se utiliza para las estructuras definitivas.
- Si en el cálculo se ha supuesto que una carga se reparte de forma equilibrada en varios elementos, se deben disponer los detalles que materialicen dicho reparto.
- Las chapas de acero apenas resisten carga en dirección perpendicular a su superficie. Por ello en estructuras metálicas, en principio, es muy aconsejable disponer rigidizadores detrás de la introducción de cualquier carga importante. Incluso los perfiles suelen necesitar rigidización ya que están formados de elementos delgados.
- El diseño debería ser tal que permitiese errores dentro de una tolerancia tanto en fabricación como en utilización. Estas tolerancias deberán ser especificadas en proyecto.
- En el proyecto de una cimbra no sólo debería comprobarse que es segura a la rotura y estable, sino que resiste las cargas con unas deformaciones limitadas. En caso contrario se pueden producir patologías en el hormigón que soportan.

- Las soldaduras deben pasar una inspección visual por un técnico con formación y experiencia en estas tareas y, según tipología y responsabilidad, estar controladas por radiografías o ultrasonidos (los líquidos penetrantes no detectan los defectos internos, aunque pueden usarse como contraste o para controlar fisuración por fatiga). Las soldaduras deben ser ejecutadas por soldadores con homologación adecuada. Las soldaduras con responsabilidad estructural ejecutadas en obra deben controlarse al 100%. En el proyecto se establecerán los procedimientos que garanticen las soldaduras en ángulo al no poderse controlar con radiografías o ultrasonidos
- El manual de Operación y el de Seguridad son documentos esenciales en el uso de una cimbra autolanzable y deben ser seguidos por el responsable del equipo.

Se pueden encontrar otras recomendaciones en el capítulo 8.

1.5. DOCUMENTOS NORMATIVOS DE REFERENCIA.

En España no existe una norma específica para este asunto y tampoco se conocen en otros países. Sin embargo hay que citar como publicación previa a este documento el libro elaborado por ACHE y editado por el C.I.C.C. y P. titulado “Diseño y utilización de cimbras” que contiene un capítulo específico para el tema de cimbras autolanzables.

Desde el punto de vista de las acciones hay que tener en cuenta en primer lugar la IAP así como los eurocódigos 0 y 1 ya que es inminente su consideración como norma alternativa en el territorio europeo. Estas normas están dedicadas en su mayor parte a estructuras definitivas más que a elementos auxiliares como las cimbras autolanzables.

2.

Proyecto de la cimbra

Las cimbras, al igual que ocurre con cualquier otra estructura metálica, deben contar con un proyecto en el que se defina en que consiste la estructura y como se opera con ella. Las cimbras que se usan en obra civil tienen diferentes niveles de complejidad y dificultad en su diseño, por tanto el alcance del proyecto no debería ser el mismo para todos los tipos de cimbras. Las cimbras autolanzables se encuentran en el grupo de los equipos más complejos, semejante a los carros de voladizos o a los lanzadores. En este capítulo se aborda todo lo referente a la redacción del proyecto así como las bases de cálculo necesarias para el dimensionamiento estructural.

2.1. CONTENIDO DEL PROYECTO

El proyecto deberá definir la cimbra con el detalle suficiente para que pueda construirse, así como las recomendaciones de montaje, desmontaje y uso que permitan su utilización en la obra de forma adecuada. El proyecto de la cimbra contendrá, al menos, los siguientes documentos: memoria, anejo de cálculo, planos, pliego de prescripciones técnicas, manual de operación y conservación, manual de prevención de riesgos laborales. Se detalla en los siguientes apartados el contenido de cada uno de estos documentos.



Para cada aplicación de una cimbra autolanzable debe redactarse un proyecto específico

2.1.1. Memoria

En ella se describirán las características principales de la cimbra y las del puente para cuya construcción vaya a ser utilizada. Se describirán los datos de partida que hayan servido para el proyecto, en el apartado 2.2 se indican cuales pueden ser estos datos de partida. Se incluirán también un resumen de las prestaciones a las que puede llegar ese equipo. Todo ello se verá resumido en una FICHA TÉCNICA.

Ficha técnica

Incluye los datos técnicos y de prestaciones que las caracterizan e identifican. Son datos que facilitan y complementan su uso y posterior reutilización (algunos parámetros están interrelacionados y la disminución cuantitativa de unos puede suponer el aumento de otros). Se pueden clasificar en los siguientes apartados:

1. Los que definen su capacidad y aplicación

- a. Tipología
- b. Luz del vano o los vanos a cubrir
- c. Peso máximo del tablero a construir
- d. Ancho del tablero
- e. Canto del tablero
- f. Pendiente máxima a superar
- g. Radio mínimo que puede salvar
- h. Peralte máximo superable

2. Los que dan medida de sus prestaciones

- a. Velocidad de traslación de la cimbra autolanzable
- b. Capacidad y número de los cilindros de apoyo
- c. Carrera y velocidad de los cilindros de ripado

3. Los que determinan la potencia instalada

- a. Potencia de los motores de las distintas centrales de traslación, la de los cilindros de apoyo, la de los cilindros de ripado, etc., y de los de accionamiento directo de los mecanismos, de las luminarias, etc.

4. Los que sirven para establecer los medios de manipulación y transporte

- a. Peso de las piezas más pesadas.
- b. Dimensiones de las piezas más voluminosas.



La ficha técnica refleja las prestaciones de la cimbra

2.1.2. Anejo de cálculo

Se dimensionará cada elemento y se comprobarán los estados límite últimos y de servicio de la cimbra utilizando para ello unas bases de cálculo que quedarán claramente explicitadas al principio del anejo de cálculo. En el apartado 2.3 se proponen unas bases de cálculo específicas para el cálculo estructural de cimbras autolanzables.

El anejo incluirá:

- Los datos estáticos, geométricos y pesos de los distintos elementos.
- Las características resistentes y de deformación supuestas para los materiales, tanto de la cimbra como de la estructura (dadas por el proyectista del puente).
- Las bases de cálculo, es decir, las acciones a considerar, con sus valores característicos, coeficientes de seguridad y las combinaciones consideradas, serán las definidas en la normativa vigente
- Se explicará el funcionamiento estructural describiendo el recorrido de las cargas y las hipótesis de reparto de cargas asumidas en el proyecto
- Las simplificaciones realizadas sobre la estructura real para transformarla en una ideal a efectos de cálculo.
- Se precisarán las características del modelo de cálculo: si es estático o dinámico, lineal o no lineal, etc. Se indicará asimismo el tipo de discretización adoptado. En el caso de modelos no lineales se precisará se trata de una no linealidad geométrica o mecánica, aportando las imperfecciones consideradas.
- Cuando se efectúen cálculos con ayuda de ordenador, se mencionará el programa de cálculo utilizado, su objeto y su campo de aplicación. En cuanto al listado de datos, deberán quedar perfectamente identificados tanto los datos introducidos por el proyectista como los generados por el programa y el listado de salida. Los datos introducidos y generados deberán definir todas las características consideradas y contener indicaciones concretas sobre notaciones, unidades y criterios de signos.
- Los cálculos deberán considerar los distintos estados de funcionamiento de la cimbra, en vacío y cargada total o parcialmente, ya que durante el proceso de hormigonado se pueden dar situaciones más desfavorables que con la carga completa. También se considerará el movimiento entre fases de hormigonado. En este caso, el proyectista deberá calcular los esfuerzos y deformaciones en las posiciones de avance que considere necesarias para obtener las situaciones pésimas en los distin-

tos elementos. Se prestará especial atención a las fuerzas horizontales (viento, imperfecciones) y a su combinación con el resto de acciones en los distintos estados de funcionamiento. Todo ello siguiendo las bases de cálculo que se hayan descrito al principio del anejo.

Además de la comprobación de la estructura principal, deberán comprobarse los encofrados y verificarse los esfuerzos en las uniones, arriostramientos, husillos, anclajes a la estructura, etc.

Dado que la cimbra está en contacto con la estructura, es preciso tener en cuenta la interacción cimbra-estructura. En el proyecto de la cimbra se incluirán de forma explícita los efectos de los apoyos y anclajes de la cimbra en la estructura, acciones debidas a movimientos, descimbrados, etc., así como los datos relativos a su rigidez. De esta manera el proyectista del puente podrá verificar que el puente resiste esas acciones, y aquellos efectos relacionados con la deformabilidad de la cimbra (véase 8.2.p).

2.1.3. Planos

Los planos de una cimbra autolanzable deben definir por un lado los elementos que la forman con suficiente precisión para poder ser fabricados y por otro las operaciones que se realizan durante su montaje, operación y desmontaje.

En este tipo de equipos coinciden en un mismo elemento estructuras metálicas instalaciones eléctricas mecánicas e hidráulicas. Por este motivo la complejidad en su definición es mayor que en otras estructuras metálicas. Además es frecuente que una misma pieza trabaje de forma diferente y en situaciones distintas a lo largo de la operación de la cimbra.

Por otro lado la utilización de un equipo para otros puentes requiere una adaptación para la que hay que contar con planos con suficiente definición y con un determinado orden agrupando los elementos en conjuntos.



Los elementos se ordenarán en conjuntos y subconjuntos

Todo ello se encuentra más ampliamente tratado en el anejo 3 del que se puede destacar las siguientes recomendaciones:

- En los planos se definirán las calidades de materiales y sus especificaciones técnicas.
- Se ordenarán en conjuntos y subconjuntos numerados hasta llegar al despiece, agrupados pensando en la futura reutilización de los equipos.
- Los conjuntos, subconjuntos, y elementos tendrán una numeración. Se incluirán en los planos o en hojas anexas a éstos unas listas de elementos con sus pesos y dimensiones. Esto es útil para la trazabilidad de materiales y para los controles de recepción y montaje.
- Se darán dimensiones y peso de las piezas para el transporte de las mismas. Estos pesos servirán de base para el cálculo del peso propio de la estructura.
- Se incluirán los elementos de izado que faciliten su montaje y desmontaje (puntos de cuelgue, orejetas,...)
- Se integrarán los elementos de seguridad previstos para el montaje y desmontaje desde las primeras fases del proyecto.
- Se definirán los detalles de soldadura, indicando el tipo de soldadura y su garganta. En caso de utilizar de tornillos de alta resistencia se especificará su tipo de acero, el par de apriete y el tipo de lubricante a usar (y la fuerza garantizada en el vástago), así como el acabado de los tornillos y tuercas (tipo de galvanizado, zincado, espesor etc.). En el caso de

barras pretensadas se especificará la calidad, la fuerza de tesado y el sistema para controlar el asiento de tuerca.

- Se definirán los elementos de protección colectiva
- Se definirá el encofrado y los sistemas de unión con la estructura principal soporte así como los elementos de ajustes o nivelación.
- Se detallarán los elementos de fijación de la cimbra a la estructura definitiva. Habitualmente consisten en el cuelgue o apoyo trasero y la ménsula o mesa de apoyo en pila (según se trate de cimbras sobre o bajo tablero). En el caso de tenerse que dejar elementos de fijación en el propio hormigón se indicará en los planos la tolerancia permitida para su posición.
- Sobre la definición de la cinemática es necesario indicar en los planos cuales son las reacciones máximas en cada posición sobre la estructura.
- Una vez terminada la fabricación se incorporarán a los planos las modificaciones introducidas durante ésta, editando así un proyecto “as built”. Deberá haber un sistema de control de versiones en los planos con el fin de tener controladas y documentadas las futuras modificaciones introducidas a lo largo del uso de la cimbra.

2.1.4. Pliego de especificaciones técnicas

Cada uno de los elementos de la cimbra (estructura metálica, elementos eléctricos mecánicos e hidráulicos) deberá cumplir sus requerimientos y normas específicos. En el Pliego de especificaciones técnicas se deben dar las indicaciones de calidad de materiales y tolerancias de forma que la estructura cumpla con las hipótesis que se han asumido en el proyecto. Estas especificaciones deben ser lo más claras posibles ya que sirven para el control de la cimbra en todas sus fases: fabricación, transporte y recepción en obra, montaje, operación, y desmontaje.

2.1.4.1. Fabricación

- Los artículos del pliego referentes a la fabricación especificarán:
- Para los elementos que han sido validados por los cálculos del correspondiente anejo, las prescripciones tienen que definir lo referente a calidades de materiales, tolerancias en las dimensiones, tolerancias en los ángulos. Se referirá a las normas correspondientes para fijar los ensayos de control.



Fabricación de celosías

- Se deben fijar las características que obligatoriamente reflejarán los documentos de trazabilidad del material (características mecánicas, químicas etc.).
- Se fijará el control de las soldaduras hechas en taller o en obra, (se evitarán en la medida de lo posible las soldaduras en obra) .Se especificarán además del porcentaje a radiografiar cuáles de ellas pueden ser alternativamente controladas por ultrasonidos. Las soldaduras de mayor responsabilidad (las que su fallo pueda producir el colapso de la estructura) se controlarán al 100 %, siempre que sea posible con radiografías y/o ultrasonidos. En caso de soldaduras en ángulo se establecerán los procedimientos de soldeo que garanticen su calidad.

- El control de soldaduras se realizará con la normativa vigente. Hasta que se apruebe la EAE se puede utilizar la UNE-ENV-1090
 - Se indicará qué piezas deben montarse en blanco en el taller y qué tolerancias se permite a la geometría del conjunto una vez montado. Así como las tolerancias de coincidencia y ángulos a los elementos de unión (placas de testa, tapajuntas, bulones, etc...).
- Hay que señalar la importancia de los montajes en blanco en taller de cara a evitar errores difíciles de reparar en obra.
- Hay elementos especiales que no es posible validarlos por cálculo sino por su adecuación o no a la función que desempeñan. En ese caso deben realizarse ensayos, y en el pliego se deben definir estos con sus condiciones de validez, y por tanto los criterios de control de la pieza. De esos ensayos se deducen las condiciones de uso del elemento. Esto es común en algunos sistemas de unión.

Otros aspectos a definir son:

- Uniones atornilladas. Se deben determinar los pares de apriete de la tortillería y los porcentajes de comprobación de estos pares, así como el estado de superficies, uso de arandelas indicadoras, etc. (ver montaje)
- Pintura, comprobación de espesores.
- Dimensiones, verificación mediante plantillas o utilización de medios de mecanización capaces de asegurar las tolerancias de las bridas de unión y su paralelismo para garantizar la alineación de la estructura una vez montada.
- Materiales, certificados de calidad de los componentes, en los proyectos correspondientes a una cimbra nueva.



Recepción en obra

2.1.4.2. Transporte y Recepción en obra

El pliego deberá definir:

- Control de la documentación a la recepción del material, comprobación con la numeración de piezas e identificación. Con objeto de facilitar esta tarea es recomendable que el pliego pida el marcado de los elementos más importantes indicando su año de puesta en servicio.
- Tolerancias en dimensiones (muestreo estadístico)

Deformaciones admisibles. Depende de si el material es nuevo o reutilizado, en el segundo caso el proyecto debe fijar cuáles son las deformaciones admisibles.

2.1.4.3. Validación del montaje

En el pliego se indicará:

- Tolerancias en las uniones, desplazamiento y ángulo.



Desencofrado

- Control de los pares de apriete. Éste debe ser tarado con el lubricante y proceso de apriete realmente utilizado. Esta operación de tarado puede hacerse en fábrica pero asegurándose que se utilizan los mismos tornillos tuercas y arandelas que los de la obra, y que tienen el mismo tipo de tratamiento superficial.
- Como validación del montaje puede realizarse una prueba de carga en tierra del autolanzamiento. Las tolerancias de desviación de flechas y reacciones debe especificarse en pliego.
- En el hormigonado del primer vano se pueden medir las flechas de la cimbra en varios puntos, por lo que en el pliego se deberían indicar la tolerancia de desviación de esas flechas para proceder a la validación definitiva del montaje.

2.1.4.4. Control en Operación

Durante la operación se pueden disponer diferentes controles que garanticen que el funcionamiento de la estructura responde a lo previsto en el proyecto:

- Control de fuerza horizontal durante empuje o ripado
- Reacción vertical en posición estática.
- Flechas durante el hormigonado
- Flechas en momentos clave del avance

Se pueden establecer dos rangos de desviación admisible. El primero de advertencia que no paraliza la operación pero obliga a un posterior análisis e informe. El segundo obliga a la parada y consulta al proyectista de la cimbra antes de continuar.

2.1.4.5. Control en desmontaje

Aunque las recomendaciones principales para el desmontaje deben indicarse en el manual de operación, en el pliego deberían indicarse cuáles son los puntos más importantes a controlar.

2.1.5. Manual de operación

El Manual de Operación es un documento esencial en la obra, por este motivo se desarrolla con más detalle en el capítulo 2.4.

2.1.6. Manual de prevención de riesgos

En el manual de prevención de riesgos se darán las indicaciones necesarias que sirvan de orientación al plan de prevención de la obra. El objetivo será disminuir los riesgos que hayan producido problemas en casos anteriores en el uso de este tipo de equipos. El plan debe contemplar no sólo a los trabajadores que manejan la cimbra autolanzable sino al resto de operarios que trabajan en su entorno.

2.2. DATOS DE PARTIDA

Los datos de partida establecen las especificaciones técnicas y prestaciones que debe cumplir la cimbra autolanzable a proyectar. Estos datos son fundamentalmente los de los puentes que deben construir. En algunos casos el establecimiento de unas determinadas prestaciones o tipología para la cimbra tiene unas implicaciones a tener en cuenta en el proyecto del puente (que habitualmente es previo a la elección de la cimbra). En el capítulo 8 se indican estas cuestiones a tener en cuenta en el proyecto del puente. En los próximos apartados se hace referencia a ese capítulo en los apartados correspondientes.

Habitualmente el proyecto de una cimbra autolanzable se realiza para un puente concreto en cuyo caso estos datos serán obvios; pero también es habitual que en el encargo del proyecto de cimbra se incluya un rango de variación de los parámetros de diseño para que sea posible aprovechar el mismo equipo para otros puentes. Aunque esto no evitará la redacción de un proyecto específico en cada nueva utilización.

Para los técnicos no familiarizados con el proyecto de cimbras autolanzables no es fácil adivinar la importancia de alguno de estos parámetros o su repercusión en el mismo. Esta es la razón que justifica el presente apartado.

Es necesario que queden claros en la memoria del proyecto cuáles han sido estos datos de partida ya que serán muy útiles para futuros aprovechamientos del equipo.

Se enumeran a continuación los parámetros que deben aportarse agrupados por tipos:

2.2.1. Parámetros geométricos del puente

Geometría completa de la obra de fábrica a realizar incluyendo:

Trazado en planta.

El radio mínimo en planta, al que la cimbra debe adaptarse, es un parámetro muy importante que puede definir incluso la tipología de la cimbra autolanzable. El motivo es que en general en los puntos de apoyo (hasta 3 pilas y 1 cuelgue trasero en algún momento del avance) la distancia transversal entre el eje de la cimbra y el eje del puente debe estar dentro de un rango limitado. Cuando el radio en planta es muy pequeño, los ripados transversales necesarios pueden hacer inviable una cimbra bajo tablero y obligar a una sobre tablero o incluso como se ha hecho en alguna ocasión cimbras articuladas. Otra consecuencia del radio es la forma del encofrado si es recto se construirá el puente como una poligonal en el entorno de la curva teórica.



Tablero curvo de dovelas prefabricadas

Trazado en alzado, peraltes y acuerdos en alzado.

Las pendientes longitudinales, acuerdo en alzado, y los peraltes tienen efectos parecidos a los explicados en el apartado anterior pero en este caso la consecuencia es la sobre elevación de unos apoyos respecto otros. Cuando estas sobre-elevaciones son importantes es necesario colocar calzos, y en ese caso, el estudio de la estabilidad de esos calzos es muy importante.

La máxima pendiente longitudinal es importante también para la capacidad de los medios de translación de la cimbra.



Torres de apoyo en pila para cimbra sobre tablero

En general las vigas longitudinales se mantienen rectas en alzado y las contraflechas son dadas por elementos intermedios entre la estructura principal y los encofrados. Si esto no fuera así se produciría una alteración de las reacciones de la cimbra sobre la estructura además de una variación en las flexiones de la cimbra, que debería tenerse en cuenta. Es importante no olvidar que si bien durante el hormigonado los apoyos de la cimbra sobre la estructura se realizan de forma isostática, durante el avance del conjunto autolanzable correspondiente con la fase de cinemática se realizan apoyos de la cimbra sobre tres puntos en donde es muy importante controlar los posibles asentamientos diferenciales entre apoyos.

Secciones transversales y longitudinales del tablero.

Evidentemente la sección transversal del tablero define la forma del encofrado y a partir de ahí se disponen las correas, vigas transversales y vigas principales. Pero además esta forma determinará los movimientos necesarios para el desencofrado de un vano y el avance al siguiente.

En sentido longitudinal es necesario tener definidos todos los elementos que puedan interferir en el avance de la cimbra. Hay que destacar los diafragmas sobre pila en el interior de las secciones cajón. En el caso de sección bi-nervada es importante tener en cuenta los salientes necesarios para anclajes o las riostras entre nervios. En ocasiones son necesarios pequeños ajustes en las dimensiones de estos elementos para posibilitar el paso de los encofrados.

Detalle apoyos en las pilas

Una forma habitual de apoyar la cimbra autolanzable inferior es montar jácenas transversales volando desde las pilas. Es necesario conocer la forma de las pilas y la posibilidad de dejar agujeros o tubos para pasar perfiles o barras de pretensado. Hay que resolver las interferencias con armaduras y la disposición de armaduras de introducción de cargas concentradas. Lo mismo ocurre con el cuelgue trasero que se realiza desde el tablero anterior. De la misma forma en el uso de mesas de apoyo sobre las pilas hay que prever la interferencia de los apoyos sobre los pilares de las mesas y las dimensiones de los diafragmas, dejando unas aberturas en el tablero que permitan la colocación de dichos pilares de apoyo. Todo ello tiene implicaciones en el proyecto del puente (véase 8.2,g)



Interferencia con pila

Pesos estimados de tablero en sus diversas secciones

La acción fundamental en la cimbra es el peso del hormigón del tablero que soporta. La sección determina el peso pero también hay que fijar la tolerancia en los espesores finales de hormigón. Los encofrados por la acción de la presión del hormigón tienden a ceder, lo que tiene como consecuencia un mayor peso. Este efecto es más importante cuando los espesores nominales de hormigón son más pequeños. El proyecto de la cimbra fijará la tolerancia en sobre-espesores compatible con las bases de cálculo utilizadas.

Definición de armaduras y anclajes de pretensado.

Esto es importante no sólo por su repercusión en la forma del encofrado sino porque es necesario disponer del espacio necesario y accesos seguros para el enfilado y tesado de los cables de pretensado. También la forma de tesado y el trazado de las vainas ha de tenerse en cuenta para la posible interferencia con la geometría del encofrado.

2.2.2. Parámetros estructurales

Hay que definir cuales son las cargas de elementos auxiliares que se apoyen en la cimbra, grupos electrógenos, equipos hidráulicos,...

En el caso de apoyo de pila en jácenas o ménsulas transversales lo habitual es montar esos elementos con grúa, sin embargo es posible realizarlo mediante la propia cimbra, lo cual supone un condicionante muy fuerte y debe ser claramente especificado.



Cimbra con apoyos mediante torres

Es necesario conocer el proceso de hormigonado de la sección transversal, ya que si éste se realiza en varias fases las primeras se ven sometidas a deformaciones que pueden fisurarlas. En estos casos hay que tener en cuenta la rigidez de la cimbra y la del hormigón. Hay casos en los que se hace el lanzamiento de la cimbra sin acabar de hormigonar la sección de un vano (método especialmente usado con grandes luces), ese método afecta no sólo a la definición de la cimbra sino a la del propio puente. Las diferentes opciones respecto al hormigonado de la sección transversal y sus consecuencias en el proyecto del puente pueden verse en 8.2.

Durante el pretensado el puente se descarga total o parcialmente de la cimbra. En ocasiones es conveniente saber cuál es la flecha que produce el pretensado para estimar este efecto. Si la cimbra es muy flexible pudiera darse el caso de que el peso propio siga en su mayor parte sustentado en la cimbra mientras que el pretensado actúa sobre el tablero pudiendo fisurar éste por exceso de pretensado. (Véase 8.2.p). En este caso la rigidez de la cimbra pudiera ser un dato de partida impuesto por el tablero, o las fases de hormigonado un dato para ambos.

Hay veces que se disponen apoyos intermedios (entre dos pilas) en ese caso se debe conocer las condiciones de cimentación. Cuando las condiciones del montaje lo imponen es posible necesitar torres auxiliares para el montaje, para lo cual será necesario un perfil del terreno en la zona del montaje y unas condiciones de cimentación.

También es posible hacer los apoyos de pilas sobre torres apoyadas en la misma zapata o encepado de la pila definitiva. En ese caso habrá que proporcionar esos datos para que se compruebe que el puente puede recibir esas cargas en otro caso puede ser un condicionante para el proyecto de cimbra.

2.2.3. Interacción con el puente

En los casos en que las vigas longitudinales de la cimbra se sitúan por debajo del puente, el paso de la cimbra a través de los estribos implica la construcción de éstos en dos fases, lo cual debe reflejarse en el proyecto de la estructura definitiva. Otra alternativa es el montaje directamente en el primer vano en cuyo caso será necesario disponer de torres auxiliares. En cualquier caso es necesario conocer cuales son los accesos y espacios para el montaje.

2.2.4. Parámetros para el transporte montaje y desmontaje

A la hora de proyectar los distintos elementos se han de respetar algunos parámetros o condicionantes atendiendo a la secuencia de transporte, montaje y desmontaje.

Se incluyen de forma orientativa algunas consideraciones para el transporte.



El peso y dimensiones de las piezas son parámetros para el transporte

- Hasta 2.50 m. Ancho Transporte normal
- Hasta 3.00 m. Ancho Transporte especial
(Permiso de un año de duración)
Velocidad máxima 70 Km./h
- Hasta 3.50 m. Ancho Transporte especial.
Permiso de un año de duración
Velocidad máxima 60 Km./h Coche piloto
- Más de 3.50 m. Ancho Transporte especial
Permiso de un año de duración
Velocidad máxima 60 Km./h
Coche piloto Escolta de Guardia Civil

En altura están más limitados los transportes, no es aconsejable pasar de 2,45 m a partir de la caja de camión, a no ser que el porte se realice con góndola.

2.2.5. Condicionantes de Operación e interferencia con el entorno

Entre los datos de partida para el proyecto, también hay que tener en cuenta:

- La afección en el montaje o en la operación a otros servicios como líneas eléctricas o telefonía, canalizaciones, etc.
- La topografía y situación del terreno en las zonas de estribos tal y como se prevé que se encontrarán en el momento en que deba realizarse el montaje o desmontaje.
- Los requerimientos medioambientales especiales de protección del entorno del puente.
- El programa de ejecución previsto con la descripción de las fases en que se desarrolle, con el fin de valorar de sus posibles acciones e incidencias sobre la cimbra autolanzable.



Interferencia con el entorno en montaje

2.3. BASES DE CÁLCULO

En este documento se sigue el método bien conocido de los estados límite. Se ha tenido en cuenta el esquema de seguridad de la IAP y de los eurocódigos adaptando los coeficientes de mayoración y combinación al caso de las cimbras autolanzables.



El peso propio de la cimbra se obtendrá a partir de los despieces

2.3.1. Acciones

En este apartado se enumeran las principales acciones que hay que considerar en el cálculo de una cimbra autolanzable. Sin embargo, es responsabilidad del proyectista valorar la necesidad o no de considerar estas y/u otras acciones.

2.3.1.1. Peso propio y cargas muertas

Se consideran cargas permanentes: el peso de los encofrados, correas, vigas transversales, celosías longitudinales, jácenas de pila, mesas de apoyo, plataformas y cualquier otro elemento que esté directa o indirectamente unido a la estructura principal, como cabrestantes, reenvíos, etc.

El valor característico de la acción será en este caso el valor nominal del peso según planos. Con el objeto de estimar correctamente el peso de los diferentes elementos figurará en el proyecto un despiece de la estructura con sus pesos correspondientes.

En tableros curvos es necesario tener en cuenta la excentricidad de la carga en función de la poligonal prevista en el proyecto de cimbra.

2.3.1.2. Pretensado del tablero

Puede haber estados en los que sea necesario introducir el pretensado del tablero como una acción que producirá esfuerzos sobre la cimbra que deban ser considerados. (Ver apartado 2.3.2.1)

2.3.1.3. Sobrecarga peso del hormigón

Las cargas debidas al peso del hormigón, se calcularán según su volumen a partir de las dimensiones teóricas en planos. En la densidad, se tendrá en cuenta la cuantía de armaduras. Para hormigones con cuantías habituales se tomará como densidad 2,5 T/m³.



Hormigonado in situ

El peso del hormigón deberá suponerse en la peor posición posible para el elemento a calcular, según el plan de hormigonado previsto en el proyecto.

Cuando se sospeche que puedan producirse sobre-espesores significativos, el autor del proyecto de la cimbra valorará la posibilidad de considerar con carácter general un valor característico superior al nominal. Esto es especialmente importante en los casos de pequeños espesores de hormigón. En estos casos, los movimientos en los encofrados pueden producir un pequeño aumento en el espesor pero que supone un porcentaje importante respecto al peso total. Además a nivel local se tendrá en cualquier caso este efecto según el párrafo siguiente.

El valor característico de esta acción podrá tener dos valores:

- Para todos aquellos elementos locales a los que llegue un área cargada menor de 9 m^2 (por ejemplo: los encofrados, correas y vigas transversales), el valor característico será el nominal multiplicado por 1.15. Esto tiene en cuenta la mayor repercusión que tiene la variación de espesores a nivel local. Este factor puede reducirse a 1.00 en el caso del uso de hormigón autocompactante.

- Para el resto de elementos que forman la estructura general se utilizará como valor característico el nominal que se deduzca de la geometría del hormigón según planos.

En los encofrados de las losas se comprobará además una hipótesis consistente en la actuación de una carga local adicional de 1.50 kN/m^2 aplicada a un área de $3 \times 3 \text{ m}$. El resultado se comparará con el que resulte de la aplicación del coeficiente 1.15 comentado más arriba. Esto tiene en cuenta el efecto del vertido del propio hormigón por lo que tendrá un carácter transitorio.

Se pueden encontrar recomendaciones sobre esta acción en el EC3 parte 2.6 Anexo 3.

2.3.1.4. Presión del hormigón

Habitualmente se considera una ley de empujes hidrostáticos hasta una presión máxima “ P_m ”, a partir de la cual la ley es constante. Hay que tener en cuenta que los valores máximos de presiones dependen de la velocidad de hormigonado, de los aditivos, de la temperatura de hormigonado, etc., valores que pueden no ser fáciles de controlar, por lo que se estimará P_m con criterios suficientemente conservadores. Este valor suele estar comprendido entre 10 y 50 kN/m^2 y deberá estudiarse para cada caso concreto de hormigonado (ver ACI 347/78, DIN 18218).



La presión sobre parámetros verticales debe estudiarse en función del tipo de hormigón

La utilización cada vez mayor de hormigones autocompactantes puede provocar una situación de riesgo ya que éstos empujan con la presión hidrostática con densidad 2.5 en toda la altura en la que permanezca el efecto del superfluidificante, en el proyecto se deberá acotar muy bien que características va a tener el hormigón.

En el caso de que se tengan encofrados interiores totalmente cerrados se debe calcular el efecto de la flotación y dimensionar los latiguillos y sujeciones que la eviten.

2.3.1.5. Sobrecargas de uso

Se considerará una carga de 1.50 kN/m^2 en todos los accesos y áreas de trabajo soportados por la cimbra, salvo que sean zonas afectadas por las cargas indicadas en el párrafo siguiente, con un máximo de 20 kN para cada acceso o área de trabajo, con un máximo total de 60 kN en posición de hormigonado y 20 kN en fase de maniobra. En cualquier caso en estas zonas se indicará mediante carteles la carga que se ha considerado en proyecto, y en éste a su vez se definirán los diferentes accesos y áreas de trabajo.

Además de lo anterior se tendrán en cuenta en el proyecto los acopios de materiales o actividades de trabajo que produzcan cargas superiores. Las áreas afectadas se especificarán explícitamente en los planos y se marcarán con carteles indicadores en la cimbra. Además se tendrán en cuenta todas aquellas cargas puntuales que afecten de forma local a algún elemento de la cimbra (cabrestantes, motores, gatos, etc.)

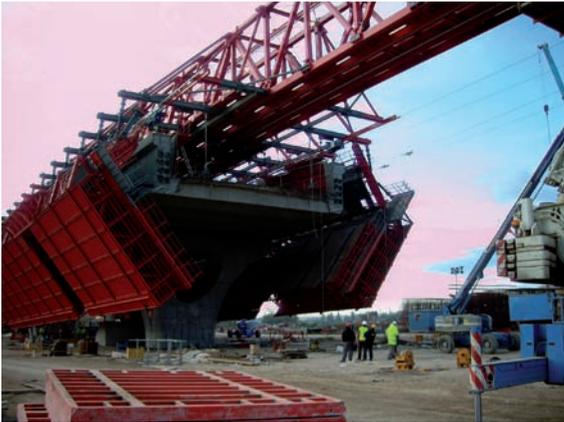
2.3.1.6. Acciones climáticas

Nieve.

- Salvo casos especiales no se considerará esta acción. En caso de considerarse se seguirá lo indicado en la IAP. En cualquier caso para dimensionar elementos locales no se sumará esta acción a la de 1.50 kN/m^2 comentadas más arriba.

Viento

- Se tomarán las presiones de viento de la Instrucción IAP afectadas por el coeficiente de reducción para el caso de situaciones transitorias, en el que se tenga en cuenta un menor periodo de retorno
- Para situaciones normales de trabajo de la cimbra (no se incluyen operaciones especiales de corta duración, como el avance) se propone usar como periodo de retorno diez años (a falta de estudios más precisos).



Situación desfavorable frente a viento

- Las situaciones de corta duración y que se produzcan cuando el responsable de la cimbra lo decida, podrán calcularse con una velocidad de viento correspondiente al máximo fijado para realizar la operación. En ese caso será obligatoria la instalación de anemómetros en la cimbra. En el proyecto se indicarán la posición de estos y si la velocidad se refiere a la ráfaga o a la velocidad media. La operación no se realizará si el viento previsto supera ese valor máximo. A este valor de la velocidad de viento en adelante se le denomina “viento fijado”.
- Las operaciones de movimiento de cimbra se encuentran entre las descritas en el punto anterior. Se propone que no se inicien las operaciones cuando el viento previsto sea superior a 40 Km./h como valor medio de diez minutos, y 60 Km./h como valor instan-

táneo de ráfaga, el peor de ambos. En este caso se considerará 60 Km./h como velocidad de cálculo obteniéndose la presión de viento según la IAP.

- Se propone que para operaciones de hormigonado se utilicen los mismos criterios anteriores (viento fijado). Mientras que en la situación entre el hormigonado y el pretensado regirá el viento de la IAP para el periodo de retorno indicado más arriba.
- En el manual de operaciones se especificarán las precauciones que deben tomarse para realizar estas operaciones con “viento fijado”, así como las lecturas de los anemómetros de obra. También se especificarán las decisiones que deba tomar el responsable de la cimbra en obra, en caso de superarse este viento durante la operación.
- En el proyecto se podrán prever mecanismos y elementos provisionales para vientos extraordinarios.

2.3.1.7. Acciones accidentales

Sismo

El sismo no se considerará concomitante con el peso del hormigón fresco por la baja probabilidad de existencia de un sismo mientras que el hormigón adquiere resistencia suficiente. En otras situaciones de más duración se determinarán los coeficientes sísmicos teniendo en cuenta el periodo de retorno de 5 veces el tiempo de duración de esa situación.

Rotura de elementos críticos

Se podrá considerar como acción accidental la rotura de los elementos críticos que considere el autor del proyecto. También pueden considerarse como acciones o situaciones accidentales determinadas maniobras prohibidas por el manual de operación, como un avance excesivo de un cuchillo respecto otro. (Véase 2.3.2.1).

2.3.1.8. Componentes horizontales de cargas verticales

Las pendientes y peraltes que por sus condiciones de apoyo den lugar a componentes horizontales deberán ser tenidas en cuenta en las hipótesis más desfavorable. Los rozamientos en los movimientos podrán actuar o no según sea la situación más desfavorable. Se considerará al menos un rozamiento del 5%.

En cualquier caso para torres y puntales se considerará una carga horizontal mínima en los mismos puntos de aplicación de las cargas verticales equivalente al 2% de las mismas y simultaneas con ellas.

2.3.2. Combinaciones

Los coeficientes de combinación (factores ψ) de las sobrecargas serán los de la norma IAP vigente. Por lo que las acciones variables tendrán valores de combinación según la citada norma. Se considerarán combinaciones con acciones preponderantes y acompañantes que resulten los peores esfuerzos buscados. Sin embargo, en las situaciones donde se use el “viento fijado” según 2.3.1.6, se tomará como coeficiente de combinación 1.00 aunque esa acción sea acompañante.

2.3.2.1. Estados límite últimos de rotura

Para el cálculo en ELU las acciones anteriormente descritas serán mayoradas por:

$\gamma = 1.35$ para el peso propio de la cimbra.

$\gamma = 1.35$ para el peso del hormigón

$\gamma = 1.5$ para las acciones variables.

Para el cálculo en ELU de la cimbra y sus elementos se tendrán, al menos, en cuenta las situaciones transitorias siguientes:

Situación tipo 1. Estados parciales de montaje o desmontaje de la cimbra

- Acciones a combinar. Peso propio + viento + sobrecargas de uso.

Situación tipo 2. Avance de la cimbra. Se incluirá:

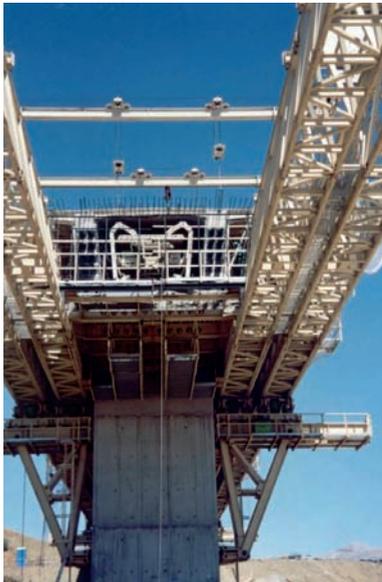
- Acciones a combinar. Peso propio + viento fijado + sobrecargas de uso.
- Viento con el valor especificado en 2.3.1.6. En este caso el encofrado recibe presión de viento en las caras de barlovento y succión en las de sotavento, cosa que no ocurre cuando el hormigón está vertido. Se tendrá en cuenta la mayor superficie presentada al viento en el caso de abrirse los encofrados.
- Se considerará el viento vertical según IAP
- Se considerará una combinación con un avance de cuchillos diferente a cada lado con un desfase 1.5 veces lo indicado en el manual de operaciones, salvo que se impida físicamente.
- La posición de la cimbra durante el avance será la que suponga peores condiciones para el dimensionamiento de cada pieza. Se considerará una combinación accidental en la cual uno de los cuchillos avance todo lo que físicamente esté permitido aunque se prohíba en el manual de operación.

Situación tipo 3. Situación en posición de ferrallado y hormigonado



Situación de hormigonado.

- Acciones a combinar durante el ferrallado. Peso propio + ferralla + viento + sobrecarga de uso. En esta combinación se tendrá en cuenta que la superficie de exposición podrá ser mayor que en la siguiente combinación.
- Acciones a combinar durante el hormigonado. Peso propio + peso de hormigón + viento + sobrecarga de uso. Esta situación dará lugar a combinaciones con estados parciales de hormigonado y el “viento fijado” o bien combinaciones con todo el tablero hormigonado y el viento de la IAP. Estas últimas combinaciones se producen con el hormigón fraguado hasta el momento del pretensado. Sería posible considerar un “viento fijado” cuando ese periodo sea de tres días o menos y se realicen estudios que comprueben que las previsiones meteorológicas son suficientemente precisas en la zona del puente.
- Cuando el tablero se hormigone en varias fases se podrá contar con la colaboración resistente de la parte hormigonada con anterioridad siempre que en la misma el hormigón haya alcanzado una resistencia característica adecuada y además se haya comprobado su



Avance simétrico
de cuchillos

capacidad para resistir los esfuerzos originados por las fases de hormigonado sucesivas.

Situación tipo 4. Situación de introducción de pretensado

- Acciones a combinar. Peso propio + peso de hormigón + viento + sobrecarga de uso + pretensado.
- Cuando se introduce el pretensado en un vano cimbrado, parte del peso del hormigón pasa de ser soportado por la cimbra a ser transmitido por el tablero a la pila. Puede haber zonas de la cimbra que se sobrecarguen debido a la deformación del tablero.

2.3.2.2. Estados límite últimos de equilibrio

Se deberán estudiar los estados límite de equilibrio en situaciones intermedias producidas durante el movimiento de lanzamiento. También las situaciones de desequilibrio en avance de un cuchillo respecto otro hasta una diferencia de avance que esté físicamente impedida. Para ello se pueden seguir las recomendaciones sobre combinaciones del apartado anterior. Para este tipo de combinaciones se seguirá lo indicado en la IAP en la que se indican coeficientes distintos para las cargas permanentes volcadoras respecto las estabilizadoras.

2.3.2.3. Estados límites de servicio

Se comprobará que la deformabilidad de la cimbra no produce fisuración en el puente por exceso de pretensado, u otros problemas en el hormigonado por fases. (Véase 8.2.p).

Se calcularán las flechas en diferentes momentos del lanzamiento de la cimbra, así como la debida al peso del hormigón

2.3.3. Dimensionamiento

El dimensionamiento de cada elemento estructural se realizará con la norma correspondiente de estructuras metálicas. Para ello se recomienda usar la RPM o bien la normativa vigente.

Aunque estas normas permitan el cálculo elastoplástico, se debe utilizar el cálculo elástico ya que son elementos que van a ser usados en diferentes puentes y condiciones. En cualquier caso las secciones serán al menos de clase 3 según eurocódigo 3 o bien moderadamente esbeltas según RPM. Por tanto la deformación de las fibras a compresión se limita a la correspondiente al límite elástico, mientras que las fibras a tracción pueden plastificarse.

Durante el lanzamiento se producen flexiones en los elementos sobre los que se rueda. Si estos son los mismos que los de la estructura principal se debe considerar conjuntamente los esfuerzos generales además de las flexiones locales que se van produciendo a lo largo de los cordones de la celosía.

2.3.4. Otras consideraciones

Se destacan aquí algunos aspectos del cálculo a tener en cuenta especialmente:

2.3.4.1. Deformación de la cimbra

En el proyecto se deben calcular las contraflechas necesarias para dejar la estructura de hormigón con la geometría adecuada. Sin embargo hay que advertir que las contraflechas no evitan los problemas de fisuración que pueden aparecer en el hormigón como

consecuencia del uso de una cimbra muy flexible. En este caso se debe estudiar sus consecuencias en el proyecto del puente (véase 8.2.p).

En algunos tipos de cimbras autolanzables las flechas reales pueden ser menores que las calculadas debido a la rigidez de los encofrados, cuya colaboración es difícil tomar en consideración.

2.3.4.2. Asiento de bulones

En el cálculo de deformaciones las uniones que no sean realizadas con tornillos de alta resistencia, pueden verse sometidas a asientos de bulones que producen deformaciones mucho mayores que las estimadas en función de las características mecánicas de los elementos. Es posible realizar un cálculo de deformaciones por asiento



Unión bulonafda

de bulones. También es posible utilizar un módulo de elasticidad equivalente que tenga en cuenta este efecto y obtenido mediante ensayos en la cimbra montada.

En cualquier caso se recomienda para las uniones de elementos principales la utilización de elementos pretensados.

2.3.4.3. Reparto de cargas en varios apoyos

Cuando una carga centrada en un rectángulo se reparte en los cuatro apoyos situados en las esquinas, es posible que sólo se carguen los apoyos de una diagonal. Esto ocurre si uno de los apoyos tiene algo de holgura y están soportados en estructuras muy rígidas. Para evitarlo es recomendable el uso de elementos de reparto de cargas. En el caso de reparto de cargas sobre gatos puede ocurrir el mismo efecto si están trabajando mediante la tuerca de bloqueo. Sin embargo si se conectan todos a la misma central hidráulica y se igualan las presiones, el reparto se garantiza.

2.3.4.4. Concentración de cargas

Deberán examinarse con detalle los puntos de concentración de cargas. Es importante la disposición de rigidizadores en los puntos de aplicación de cargas o apoyos cuando el cálculo así lo indique. Se tendrá especial cuidado en considerar las flexiones locales en el caso de que las rodaduras se realicen sobre elementos estructurales.

2.3.4.5. Cálculo de datos para el control de operaciones

Con objeto de tener la cimbra bajo un adecuado control, se calcularán las flechas y reacciones en apoyos, para las fases de lanzamiento y hormigonado. Estos datos figurarán de forma clara en el proyecto indicándose las tolerancias permitidas. Estas tolerancias podrán tener dos rangos uno de alerta y otro de parada hasta el análisis de la desviación.

2.4. MANUAL DE OPERACIONES

2.4.1. Introducción y alcance

Todo proyecto de cimbra autolanzable ha de incluir un anejo con el “Manual de Operación”, donde se detallan todas las operaciones a realizar durante su uso. Debe incluir recomendaciones para el transporte, montaje y desmontaje, maniobras de movimiento, cinemática, y posición de hormigonado. También se darán recomendaciones para la seguridad y prevención de accidentes (que podrá ir también en un anejo específico) así como las recomendaciones para el control de las diferentes fases de operación. También es recomendable que incluya un manual de conservación y mantenimiento.

El manual de operación debe ser coherente con el resto de documentos del proyecto de cimbra, especialmente si se repiten datos que aparecen en otras partes del proyecto.



Descarga de vigas transversales

En el capítulo 5 se dan recomendaciones para el montaje de la cimbra y en el 6 para la operación de ésta. Ambos capítulos son complementarios al presente apartado.

Se desarrollan a continuación cada una de estas fases de la operación.

2.4.2. Transporte

En el manual de transporte es aconsejable indicar los puntos de apoyo en el caso de grandes vigas o en el caso de transporte con semi-desmontaje. Se aconsejará sobre la organización de los envíos y métodos de acopio.



Montaje de cimbra en vano intermedio

Es recomendable que estén indicados las dimensiones y pesos de los principales elementos.

2.4.3. Montaje y desmontaje

2.4.3.1. Zonas de Acopio y premontaje

Se especificarán las necesidades de espacio para acopio y premontajes. Se indicará si hay formas recomendables u obligatorias de disponer los elementos para evitar riesgos o daños al propio mate-

rial. Se indicará también las alturas máximas de apilado de elementos sueltos y contenedores.

Se indicarán también la necesidad o no de elementos auxiliares como durmientes losas anclajes o bancadas.

2.4.3.2. Eslingado

Se deben definir las maneras y puntos donde fijar las eslingas. Cuando sea necesario, se debe indicar ángulos y capacidad de carga necesaria de las eslingas.

2.4.3.3. Premontaje y montaje

Se incluirá:

- Los procedimientos para pretensado de barras y/o tornillos que lo requieran, engrases y pares de apriete. El par de apriete se probará comprobando la carga en el fuste del bulón (véase 2.5.8) teniendo en cuenta el procedimiento de tesado realmente aplicado. (grasa, tratamiento superficial del bulón arandela y tuerca).
- La comprobación de geometría de las pilas y puntos de apoyo de la cimbra, de cada una y posición con respecto a las otras, para asegurar que están dentro de tolerancias.



Estructura de apoyo en pila

- La definición de los medios de estabilización para evitar vuelcos o desplazamientos, cuando sean necesarios, y alturas máximas de apilado de los elementos premontados.

2.4.3.4. Primer montaje

Algunas veces es posible completar el montaje según avanza la cimbra.

Habitualmente hay dos formas de montar la cimbra:

- En tierra por detrás del estribo
- En la posición de hormigonado del primer vano

En ambos casos puede ser necesaria la utilización de apoyos auxiliares. Estos apoyos pueden ser de una cierta importancia en cuanto a



Mesas de apoyo en cimbra sobre tablero.

cargas a soportar (verticales y horizontales por viento, pesos y maniobras).

Es preciso definir las geometrías mínimas de las zapatas de apoyo y las cargas que han de soportar, en valor y posición e indicar la tensión admisible necesaria. Un técnico competente revisará que el terreno del fondo de la excavación soporta las tensiones previstas en el proyecto. Cuando se disponen partes sobre elementos móviles (deslizantes, ruedas...) hay que indicar cómo han de quedar aseguradas para evitar su desplazamiento indeseado.

En los planos del manual de operaciones se incluirá la siguiente información, (también se puede incluir en los planos del proyecto y hacer una referencia en el manual de operaciones):

- La posición de ménsulas, paquetes de vigas, porta-encofrados, encofrados, pasos y plataformas de seguridad, equipos auxiliares, contraflechas longitudinales y transversales.
- Conexiones de elementos hidráulicos, eléctricos, neumáticos... elementos y forma de proceder.
- Instalación de anemómetros para disponer los bloqueos que puedan ser necesarios en posición de hormigonado y posibles limitaciones a las maniobras.
- Marcados de centros de gravedad para evitar vuelcos en las maniobras.
- Cargas de tesado de los elementos pretensados, así como el momento en el que se introduce el tesado.
- Pares de apriete de tornillos y procedimiento de apriete de los mismos.
- Contraflechas de montaje en el encofrado.
- Tolerancias de situación de los apoyos de la cimbra en pilas.
- Se debe contemplar la forma de montaje con los siguientes aspectos mínimos:
 - Descripción lo suficientemente detallada, con planos, del proceso de montaje y desmontaje.

- Elementos provisionales de apoyo con las cargas transmitidas por la cimbra a los mismos.
- Elementos provisionales de arriostramiento con las cargas transmitidas por la cimbra a los mismos.
- Determinación de los posibles estados intermedios de la cimbra, comprobación de la capacidad resistente y situación de los c.d.g. (en cada uno de dichos estados) de la estructura de la cimbra. En caso de que, por la particularidad del montaje, claramente los



Semi-desmontaje

estados intermedios y provisionales no resultan comprometidos para la integridad de la estructura, se debe indicar de forma explícita en el proyecto. Seguridad frente al vuelco en todas las posiciones de montaje y desmontaje.

- Puntos de enganche para las grúas de: Elementos sueltos, Elementos premontados.

Se debe contemplar en el montaje de los apoyos en pilas de la cimbra, los siguientes aspectos mínimos:

- Descripción lo suficientemente detallada del proceso de montaje y desmontaje de las ménsulas, (cimbras inferiores) y mesas de apoyo (cimbras superiores).
- Tolerancia en la situación de apoyos (tanto en planta como en alzado).

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

- Puntos de cogida para el izado.
- Puntos de cogida para el descenso.
- Puntos y sistemas de enclavamiento de la estructura durante el montaje, avance y desmontaje.

2.4.3.5. Semi-desmontaje

En ocasiones para el traslado de la cimbra de un puente a otro que se sitúa en las proximidades, es posible el traslado sin el desmontaje completo y despiece de los equipos. En ese caso debe estar definido en el manual de operación así como los elementos auxiliares necesarios para realizar esa operación.

2.4.3.6. Desmontaje Final

Es posible hacer un desmontaje parcial durante las últimas fases del avance, siempre que no disminuya la seguridad.

El procedimiento debe definirse, aunque sea análogo al de montaje.

2.4.3.7. Despiece

Aunque será similar al premontaje, conviene describirlo.

2.4.3.8. Equipamientos Hidráulicos, Eléctricos...

Se deben describir los diferentes tipos de conexión y el orden de actuación sobre los mandos y llaves.

2.4.4. Manual de maniobra y cinemática

Por tratarse de equipos con movimiento en los que se desplazan cargas considerables, tanto longitudinal, como transversalmente, se debe redactar un procedimiento para describir estos movimientos, desglosando con detalle cada movimiento en operaciones elementales e incluyendo las operaciones de amarre de fuerzas horizontales, anclaje de barras, puesta en carga de gatos, etc. Todo ello constituirá la definición de la cinemática de la cimbra autolanzable.



Cuelgue trasero

Al poder existir trazados en curva y con pendientes longitudinales y transversales variables, se deben tener en cuenta limitaciones geométricas de la cimbra autolanzable a seguir la trayectoria, a la que deberá adaptarse con movimientos alternativos de avance y ripado. Para ello debe tenerse en cuenta el trazado real de la estructura. En el manual deben definirse los desplazamientos laterales máximos permitidos en apoyos, así como los repartos pésimos de cargas. En este procedimiento se debe incluir y desglosar todas las situaciones en cuanto supongan una variación sobre la considerada estándar. Se desarrollarán por ejemplo las siguientes situaciones:

- Posicionamiento en el primer vano estándar.
- Vanos anterior y posterior a la zona intermedia de transición entre dos estructuras contiguas.
- Posicionamiento en el estribo de salida en el último vano.
- Las correspondientes a vanos anterior y posterior a un cambio de luz.

Se prestará especial atención a los movimientos de elevación a cota y apertura de la cimbra autolanzable. Cuando presenten radios en planta, se especificará la alineación que se sigue (por la zona cóncava o convexa de la curva).

Se deberán aportar de todo ello planos detallados de los movimientos con las instrucciones adecuadas.

Dado que los movimientos de avance y ripado son los que entrañan mayor riesgo, deberán especificarse las medidas que en cada uno de ellos se adoptan para asegurar la estabilidad y evitar desplazamientos imprevistos. Se indicarán las posiciones del encofrado, equipos, sobre-

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

cargas debidas a materiales que pudieran ser transportados, posición del centro de gravedad, etc.

Todas las posiciones requerirán una comprobación de esfuerzos locales y generales en las estructuras, de sus condiciones de equilibrio y de las



Apertura de encofrado para evitar interferencia pila

cargas que transmiten a las subestructuras de apoyo, al terreno, estribo, pila y tablero teniendo en cuenta en esta comprobación los esfuerzos dinámicos, de rozamiento, etc. El autor del proyecto original o un ingeniero con formación equivalente verificará que la estructura definitiva soporta esas cargas.

Es importante que el manual destine un procedimiento específico para garantizar que la excentricidad lateral prevista en el proyecto de la cimbra sobre los elementos de apoyo en pila no se sobrepasa en ningún momento durante las maniobras.

Para facilitar el seguimiento es preferible dividir trabajo en grupos de operaciones:

Maniobra de avance

Incluirá:

- Lista de operaciones que se consideren:
- Operaciones prohibidas
- Operaciones a consultar
- Operaciones obligatorias

- Procesos de ripado-avance para resolver las curvas horizontales y verticales (ajustes de husillos).
- Manejo de los sistemas hidráulicos.
- Retenidas para tomar componentes horizontales.
- Cambios de ménsulas transversales en pilas.
- Cuelgues o apoyos traseros.
- Mesas de apoyos y apoyos de Maniobra.
- Engrases de placas o elementos de deslizamiento o sistemas de ruedas.
- Pretensados de ménsulas, cuelgues y bloqueos.



Cimbra sobre tablero con mesas de apoyo en pilas

- Pretensados provisionales durante el avance del conjunto autolanzable para evitar vuelcos de la estructura. Comprobar su interferencia con la estructura que soporta el pretensado.
- Se darán también las flechas y fuerzas horizontales en diferentes momentos del avance con objeto de que puedan comprobarse durante la maniobra.

Descimbrado

Incluirá:

- Orden y pasos para el descenso (descimbrado).
- Proceso de apertura de los paquetes de cimbra y/o encofrados.

Cierre de encofrados y Regulación de contraflechas

Incluirá:

- Proceso de regulación de vigas transversales para dar la contraflecha
- Proceso de regulación de los elementos de cuelgue para dar la contraflecha.
- Movimiento vertical con gatos de jácenas de pilas hasta situar la cimbra en cota.
- Ajuste de cuelgue trasero
- Ajuste del apoyo trasero.
- Cierre de encofrados

Hormigonado

Se debe indicar:

- Los bloqueos que sean necesarios para transmitir la acción del viento a las pilas o tablero para una o varias velocidades de viento.
- Definir la forma (derrama, tongadas...) y la/s dirección/es de vertido de hormigón.
- Se darán las flechas debidas al peso del hormigón con el fin de que puedan comprobarse en obra.

2.4.5. Seguridad y prevención de accidentes

En el proyecto se deberán incluir recomendaciones sobre prevención de accidentes en función de las experiencias pasadas:

- En los planos de cinemática se especificará qué zonas tienen prohibida la estancia de personas durante las siguientes operaciones:
 - Avance de la cimbra.
 - Hormigonado.
 - Desencofrado
 - Regularización en alzado de los encofrados
 - Nadie permanecerá de forma prolongada bajo el tablero desde el hormigonado hasta la introducción del pretensado
- No habrá instalaciones permanentes, en servicio, bajo la zona de trabajo de la cimbra

- Los cruces sobre vías y caminos deben estar recogidos en el proyecto así como las recomendaciones para su protección.
- El proyecto deberá indicar también las medidas de prevención en las operaciones de montaje y desmontaje, prohibiendo la permanencia de personas bajo el área de cargas en movimiento.

En el “Manual de Operación”, se ha de indicar qué medios auxiliares de acceso son precisos, el peso y la ubicación de los elementos a disponer, dónde se coloca el personal para la unión o separación de los sucesivos elementos y cómo accede a las respectivas posiciones, qué herramientas se ha de llevar y cómo se transportan, que medios de seguridad se han de disponer y cómo se han de utilizar para garantizar la seguridad de los operarios. Se indicarán las zonas en las que está prohibida la permanencia de operarios durante las fases de montaje y desmontaje.

2.4.6. Control

En las operaciones que resulten críticas es recomendable preparar listas de chequeo (especialmente para montaje y maniobra). Conviene incorporar dibujos o fotografías que faciliten la comprensión.

Las recomendaciones de control de fabricación se darán en el pliego del proyecto. Las de montaje operación y desmontaje se darán en un apartado de control incluido en el manual de operación.

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

Todos aquellos elementos como encofrados, elementos estructurales, tornillos, etc..., tendrán sus recomendaciones específicas de control y las tolerancias para su aceptación o rechazo.

Durante la operación de la cimbra es aconsejable que se vayan haciendo mediciones y comparación de valores como flechas, fuerzas, y reacciones en determinadas posiciones.

Para el control de fabricación, montaje, operación y desmontaje véanse los apartados de capítulos correspondientes (apartados 4.7, 5.1, 5.3, 5.6, 6.3.2)



Unión de módulos

2.5. UNIONES

2.5.1. Necesidad e importancia de las uniones

Una cimbra se encuentra compuesta por una serie de elementos, que deberán unirse para formar un conjunto completo de dimensiones superiores. Cada vez se fabrican cimbras de avance con mayores capacidades y dimensiones por lo que las necesidades de transporte implican mayor número de uniones y más solicitadas.

El correcto diseño de las uniones es imprescindible no sólo para el comportamiento de la estructura en rotura sino para evitar deformaciones no previstas.

2.5.2. Comportamiento de las uniones

A menudo los análisis complejos no reflejan el comportamiento real de la unión, por lo que se recomienda llevar a cabo análisis sencillos que determinen una distribución realista de los esfuerzos que la solicitan. El proyecto de las uniones deberá tener en cuenta que su comportamiento es más complejo y variable que el de los elementos que conecta, fundamentalmente debido a los siguientes factores:

- Complejidad geométrica de la conexión, como sucede en el caso de nudos tridimensionales de las tipologías en celosía, concurriendo en el mismo punto un elevado número de barras.
- Imperfecciones geométricas debidas a los procesos de soldadura, distorsiones térmicas y de retracción, imperfecciones de corte y mecanizado, desalineaciones imprevistas o fruto de las tolerancias de ejecución...
- Tensiones residuales y deformaciones parásitas introducidas por los procesos de ejecución, o de desalineación durante el montaje debido a las holguras previstas.

Además de las circunstancias antes citadas, deberá tenerse en cuenta que cualquier deformación no prevista debida a una sobrecarga excepcional, asiento o accidente tendrá que ser acomodada, en primer lugar, por las uniones. Siempre que sea posible se diseñarán los nudos con la capacidad total de los perfiles que llegan a éstos.

2.5.3. Recomendaciones generales para el diseño de la unión

Cualquier posible tipo de unión empleada entre los diferentes elementos que conforman la cimbra, o entre los elementos de la cimbra y la

superestructura de hormigón, deberá basarse en los siguientes principios generales:

- La unión considerada deberá tener un planteamiento conceptual claro, identificando la forma en la que se transmitirán los esfuerzos y la misión de cada elemento que componga la unión, lo cual afectará a la seguridad y a la economía global de la cimbra. Deberá responder a la consideración efectuada para la misma en el modelo general de cálculo de la estructura, del cual se obtendrán los esfuerzos precisos para su cálculo, reflejando con la máxima fidelidad posible las vinculaciones allí contempladas. Su diseño deberá ser simple, prefiriéndose la repetición del mismo sistema a la combinación de sistemas diferentes a lo largo de la estructura.
- El proyecto adecuado de la unión deberá contemplar aspectos prácticos relativos a la fabricación y montaje de la cimbra, tales como su facilidad de ejecución, inspección, mantenimiento, sencillez de montaje y accesibilidad. Deberán ser concebidas con la máxima simetría posible, así como contar con elementos que permitan su centrado y ajuste, evitando en lo posible cualquier tipo de excentricidad no contemplada expresamente.
- En general se recomienda que las uniones de los elementos resistentes principales se realice con uniones pretensadas (TAR o barras) con preferencia sobre los tornillos calibrados u ordinarios.
- En ningún caso la temporalidad de las uniones deberá afectar a los coeficientes de seguridad adoptados en el cálculo. que deberán ser los definidos en la normativa vigente.
- Las uniones dentro de la estructura se efectuarán en aquellos lugares o elementos que, de forma compatible con las necesidades de manipulación y transporte, se encuentren sometidos a la menor intensidad de esfuerzos posible, o que permitan alejarse de zonas sometidas a estados tensionales complejos y de difícil resolución.
- Tanto los esfuerzos como la forma prevista de transmisión de los mismos a través de la unión, así como la participación de cada elemen-

to en su funcionamiento deberán analizarse considerando sus implicaciones tanto en servicio (ELS) como en rotura (ELU).

- La seguridad global de cualquier elemento estructural siempre vendrá determinada por la del elemento más débil del conjunto. Puesto que los fallos de los elementos de unión podrían conducir a situaciones de colapso de la cimbra, su dimensionamiento y comprobación deberá efectuarse teniendo en cuenta las hipótesis de geometría más desfavorables posibles compatibles con sus condiciones de uso, especialmente desde el punto de vista de las holguras y excentricidades previstas, o de las que pudieran producirse de forma accidental o no planeadas inicialmente en el diseño. Idénticas consideraciones deberían efectuarse respecto a las posibles excentricidades que pudieran surgir debidas al comportamiento en servicio de la cimbra.

- Dentro de la unión deberían identificarse claramente aquellos elementos cuyo fallo pudiera conducir a un colapso de la estructura, buscando mecanismos de funcionamiento alternativos, de redistribución o, en su defecto, duplicándolos o dividiendo su capacidad para que, aunque la estructura pudiera sufrir daños, éstos no condujeran a una situación de colapso. Como ejemplo podría citarse el caso de un empalme frontal pretensado por dos barras, donde el fallo de una de ellas conjuntamente con la excentricidad producida conduciría irremisiblemente al colapso de la junta.

2.5.4. Dimensionamiento y comprobación de la unión

El dimensionamiento de las uniones deberá efectuarse de acuerdo con la normativa en vigor en España o, en su defecto, con la normativa aplicable en la Unión Europea.

Para aquellos elementos tipos de unión para los que no exista una normativa de referencia podrá recurrirse a recomendaciones y/o normativas internacionales aplicables al caso en cuestión y de reconocido prestigio, aunque será responsabilidad del Autor del Proyecto su adaptación a las hipótesis generales de partida consideradas en el presente documento. Se recuerda en este caso el peligro que existe en la

aplicación de diferentes cuerpos normativos que pudieran responder a principios de diseño distintos. En cualquier caso, será responsabilidad del Autor del Proyecto su adopción y empleo, debiendo justificar que los principios en que se basa su contenido son similares, y no se crean peligrosos vacíos de seguridad al aplicarlas.

Para todos aquellos detalles de unión de los elementos de la cimbra con la estructura de hormigón, deberán tenerse en cuenta, además, los principios considerados en la normativa de hormigón vigente.

En cualquier caso se recomienda una visión clara y prudente en la aplicación de la normativa a los detalles específicos considerados, teniendo siempre en cuenta los principios de proyecto contemplados en los apartados anteriores, así como una correcta consideración de áreas y anchos eficaces, posibilidades de abolladuras o plastificaciones locales en chapas.

En determinadas uniones específicas, puede ser recomendable el proyecto mediante ensayos. En estos casos se recomienda desarrollar un modelo matemático adecuado que pueda contrastar con suficiente aproximación los resultados del ensayo.

2.5.5. Tipos de unión atendiendo a su temporalidad

Atendiendo a la duración de las uniones en el tiempo, éstas podrán clasificarse de la siguiente forma:

- Uniones permanentes. Corresponden habitualmente a aquellas realizadas durante el proceso de fabricación y habitualmente serán soldaduras.
- Uniones desmontables. Debido a que dichas uniones obedecen a criterios de manipulación y transporte, su concepción será la de un elemento reversible, es decir, deberán permitir su desmontaje, por lo que se basarán en el empleo de tornillos, bulones o barras pretensadas, elementos que permitirán mediante un diseño adecuado, un montaje y desmontaje posterior sin afectar a los usos posteriores de la cimbra. Deberán definirse la reutilización de los tornillos barras y bulones.

Deberán considerarse la utilización de elementos que eviten que se aflojen o suelten de forma accidental, disponiendo los elementos precisos para evitar este riesgo.

2.5.6. Tipos de unión atendiendo al elemento de fijación

Atendiendo al elemento utilizado en la fijación de las uniones, éstas podrían clasificarse de la siguiente forma:

- Uniones soldadas.
- Uniones atornilladas.
- Uniones bulonadas. Mediante un pasador metálico se consigue un comportamiento estructural principalmente basado en la transmisión de esfuerzos por cortadura. Aunque la combinación de varias uniones de este tipo podría transmitir esfuerzos de flexión, su misión principal es la materialización de uniones de tipo simple o articulado.
- Uniones con barras pretensadas. La transmisión de esfuerzos en este tipo de uniones se basa en el pretensado de la junta mediante un esfuerzo de compresión proporcionado por barras de acero de alta resistencia. Su empleo habitual son las uniones de tipo frontal, que deberán permanecer comprimidas bajo cualquier hipótesis de carga.

2.5.7. Uniones soldadas

Dependiendo de su ejecución, podrán ser en ángulo o de penetración parcial o completa, siendo estas últimas las adecuadas cuando se precise desarrollar la capacidad completa de los elementos que unen. Se definirá en el pliego del proyecto el nivel de control de las solda-



Unión soldada

duras., siendo del 100% para las soldaduras en obra. También se controlarán al 100% aquellas realizadas en taller de máxima responsabilidad (las que su fallo pueda producir el colapso de la estructura). Es preferible el control mediante radiografías, donde no sea posible se utilizarán ultrasonidos. Los resultados de estos controles formarán parte de la documentación técnica que acompañará la cimbra. No es posible controlar mediante radiografías o ultrasonidos las soldaduras en ángulo por lo que se establecerán los procedimientos de soldeo que garanticen la adecuada calidad de este tipo de soldaduras.

Deberán respetarse en cualquier caso las recomendaciones de las normativas vigentes referentes a transiciones entre elementos, embridamientos o cruces de uniones soldadas, siendo necesario prever los espacios adecuados para el paso de soldaduras o el cierre de los cordones, evitando así posibles entallas o puntos de acumulación de tensiones.

De igual forma, debido a la diferencia de rigidez de una y otra, se desaconseja el empleo combinado en una unión de soldaduras de ángulo y de penetración, lo cual podría conducir a un comportamiento diferente al previsto.

2.5.8. Uniones atornilladas

Aunque las uniones atornilladas podrían efectuarse mediante uniones en cortadura o mediante uniones pretensadas, se recomienda su



Uniones atornilladas

materialización mediante este último tipo, evitando así cualquier posible deformación parásita introducida en la estructura al eliminar las holguras en los taladros (efecto de asiento), de forma similar al funcionamiento de las uniones bulonadas. Las uniones pretensadas se caracterizan por una rigidez similar a la de las uniones soldadas, siendo por tanto adecuadas para ser empleadas en aquellos lugares donde la unión pudiera encontrarse sometida a impacto, vibración o inversión de tensiones, o donde sea esencial preservar la integridad de la geometría de la estructura.

El uso preferente de las uniones pretensadas será mediante el empleo de soluciones con cubrejuntas, fundamentalmente donde sea precisa la transmisión de esfuerzos cortantes. El uso de uniones frontales deberá efectuarse procurando que no se produzca la descompresión de la junta, ya que si se tracciona, el trabajo de los tornillos a tracción directa puede someter a la unión, dependiendo de la rigidez de la chapa y de la geometría, a los llamados “esfuerzos de palanca”, pudiéndola convertir en un elemento más flexible que las uniones con cubrejuntas. Por otra parte, salvo que se adopten medidas especiales, este tipo de unión resulta más dependiente de los procesos de soldeo, lo cual podría afectar al comportamiento futuro de la unión.

Para las uniones atornilladas se recomienda el empleo de tornillos del tipo 8.8 ó 10.9, debiendo desestimarse el empleo de calidades superiores por su fragilidad. Su comprobación deberá efectuarse de acuerdo con la normativa citada anteriormente, debiendo considerarse con especial cuidado en la capacidad de la unión la presencia de taladros rasgados o de mayor diámetro que los recomendados para facilitar las labores de montaje. Igualmente merecerá la misma atención la presencia de las denominadas “uniones largas” (aquéllas que por el gran número de tornillos debe tenerse en cuenta que algunos de ellos no colaboran con toda su capacidad).

Cuando se empleen uniones de tipo pretensado, será recomendable siempre que sea posible introducir la tensión directamente en el

vástago mediante cilindros hidráulicos o tensionadores. En otro caso, se recomienda el uso de dispositivos indicadores de carga tales como las denominadas “arandelas DTI” (Direct Tension Indicator), conjuntamente con las llaves dinamométricas o elementos equivalentes. El empleo de estos elementos está especialmente indicado para el mantenimiento y el control de la unión, mediante el empleo de galgas adecuadas. Se recomienda en cualquier caso que se compruebe que el par de apriete da la tracción requerida en el fuste del bulón. Para ello pueden realizarse ensayos con células de carga y utilizando el lubricante que realmente se vaya a usar en la cimbra.

Se desaconseja el empleo de diferentes diámetros de tornillos dentro de una misma unión. Igualmente se recuerda la necesidad de incluir en los planos del Proyecto el par de apriete previsto y engrase adecuado, así como una indicación de la secuencia a seguir si esta circunstancia pudiera afectar el comportamiento de la unión.

En el caso de utilización de TAR con agujeros rasgados se utilizarán arandelas especiales de más espesor.

En el proyecto se darán recomendaciones sobre el estado de las superficies a unir para garantizar el rozamiento.

2.5.9. Uniones bulonadas

Aunque mediante el uso de este tipo podrían proyectarse uniones capaces de transmitir esfuerzos de flexión, su intención principal es la materialización de uniones de tipo articulado, capaces de transmitir los esfuerzos que la solicitan mediante el trabajo de un pasador en cortadura y flexión.

Se recuerda la necesidad de emplear elementos que impidan la pérdida accidental de un bulón, mediante el uso de determinados tipos de pasadores rígidos o flexibles diseñados para lograr este efecto.



Uniones
bulonadas

Debe recordarse la necesidad de contemplar adecuadamente en el proyecto el comportamiento de este tipo de uniones, las cuales precisan absorber las holguras de los taladros para lograr el contacto, salvo que se adopten medidas especiales que lo eviten. Esta circunstancia conduce a deformaciones de tipo parásito que, caso de no haber sido contempladas adecuadamente, podrían introducir deformaciones superiores a las previstas en la estructura hormigonada o afectar, mediante la introducción de deformaciones parásitas, al comportamiento estructural previsto de la cimbra.

2.5.10. Uniones con barras pretensadas

Las uniones con barras pretensadas corresponden principalmente a uniones de tipo frontal entre elementos, donde la transmisión de esfuerzos se efectúa a través de una junta precomprimida y que, en cualquier situación de carga, deberá permanecer comprimida. El proyecto de este tipo de uniones considerará con especial detalle la necesidad de espacio para la introducción de cilindros hidráulicos de tesado o cualquier otro elemento que asegure la materialización del esfuerzo de pretensado en las barras. Igualmente, debido a los importantes es-

fuerzos de compresión introducidos, deberá disponerse la rigidización que sea precisa. El aseguramiento de la carga realmente introducida en la unión será importante si la carga del perno va a ser alta en comparación con el límite elástico del material, de esta forma se ha de controlar la evolución de la unión en el proceso de carga y descarga a que va a estar sometida.

Puesto que los elementos empleados poseen capacidades unitarias elevadas, el proyecto de este tipo de uniones debería contemplar la posibilidad de funcionamiento de la unión en el caso de fallo de



Unión con barra pretensada

alguna de las barras, así como la posible redistribución de esfuerzos dentro de la misma considerando las posibles excentricidades fruto del desequilibrio producido. Con el fin de evitar posibles desajustes y/o desalineaciones en la unión que pudieran afectar a su comportamiento futuro, deberían considerarse elementos de centrado dentro de la junta. Igualmente debería considerarse en juntas que deban resistir esfuerzos cortantes de importancia la posibilidad de disponer elementos diferentes para resistir aquellos esfuerzos que dan lugar a tensiones normales a la junta y aquellos que producen tensiones tangenciales que deban ser resistidas por fricción.

Su empleo está aconsejado para la unión de elementos de apoyo de la cimbra a la superestructura, debiendo considerar en este caso el efecto en la unión de las diferentes tolerancias de ejecución que afectan a las estructuras metálicas y de hormigón. En este caso, debido a las importantes solicitaciones que deben ser resistidas por la unión, deberían disponerse elementos diferenciados para resistir las cargas verticales.

La unión ha de calcularse teniendo en cuenta las posibles pérdidas por relajación de acero al tener un grado de apriete cercano al límite elástico.

Para la fuerza de tesado hay que tener en cuenta que el asiento de la tuerca puede producir una disminución de la fuerza muy significativa especialmente cuando la distancia entre tuercas es muy pequeña. Por ese motivo y por su mejor comportamiento frente a fuertes cargas locales, se recomienda preferentemente apoyos de estas barras en cajón rigidizado en vez de placas rigidizadas.

En el proyecto se especificarán cuáles son las condiciones para la reutilización de estas barras.

2.5.11. Protección contra la corrosión. Mantenimiento de la unión

El proyecto de la unión deberá tener en cuenta su facilidad de mantenimiento e inspección, así como su protección contra la corrosión y el efecto que ésta pudiera tener en el funcionamiento de la misma, como pudiera ser la alteración del coeficiente de rozamiento en uniones pretensadas protegidas mediante pintura...

El Autor del Proyecto establecerá en la documentación técnica criterios claros y específicos para la protección de las uniones contra la corrosión, incluso para aquellas de tipo temporal que posteriormente se desmontarán para el traslado de la cimbra a una nueva ubicación. Igualmente establecerá los criterios de control y mantenimiento, así como la frecuencia estimada para la inspección de las mismas, de forma que se asegure su durabilidad y correcto funcionamiento a lo largo de la vida útil de la cimbra.

A este respecto se recuerda la necesidad de proteger especialmente las uniones formadas por barras pretensadas para evitar que cualquier trabajo o actividad de corte o soldadura llevada a cabo pudiera afectar su comportamiento, llegando a producir la rotura de una barra y llevar a la estructura de la cimbra a posibles situaciones de colapso. Efectivamente este material es muy sensible a cualquier entalla producida por una chispa, una picadura de corrosión o un golpe. Las incurvaciones también producen una disminución significativa de su capacidad

2.6. ELEMENTOS ELÉCTRICOS, HIDRÁULICOS Y MECÁNICOS

En general las cimbras de avance son sistemas complejos dotados de movimientos que se producen a través de mecanismos accionados, bien directamente por motores térmicos o eléctricos, o por unos y otros a través de circuitos hidráulicos o neumáticos cuyos compresores y bombas accionan.

El mando y control de estos movimientos se efectúa manualmente, bien directamente mediante pulsadores, palancas, etc. a través de los correspondientes circuitos eléctricos, hidráulicos o neumáticos, o bien a distancia por radio.

Para el desarrollo, cálculo y proyecto de los distintos componentes de estos mecanismos, circuitos neumáticos, hidráulicos e instalaciones eléctricas, existe normativa aplicable recogida entre otras: en la Directiva de Máquinas 98/37/CEE transpuesta al Real Decreto 1435/92 en la Directiva de baja tensión 72/23/CEE y sus modificaciones y Normas UNE-EN ISO 12100.1 y UNE-EN ISO 12100.2 que son habitualmente seguidas pero que deben ser completadas con incorporaciones en el manual de uso y mantenimiento sobre cada uno de los integrantes (cabrestantes, boggies, traslaciones, cilindros, etc.) y de los componentes de los mismos (reductores, frenos, motores, cables, etc.). Se incluirá:

- La descripción del equipo
- El funcionamiento y secuencias de mando
- Planos de conjunto
- Despiece
- Planos con esquemas
- Lubricación
- Mantenimiento mecánico, hidráulico y eléctrico.
- Incidencias y reparaciones
- Instrucciones de seguridad
- Prevención de accidentes.

Se debe prestar especial atención, a los medios de control: limitadores de cargas, finales de carrera, detectores de posición. Estos pueden ser incorporados a las máquinas en sus diversos mecanismos que deben identificarse y ser de la mayor fiabilidad dentro de los del mercado.

Dentro de la instalación eléctrica, debe preverse la posibilidad de alumbrado artificial, aunque debe evitarse las aperturas y avances de las cimbras por la noche



Cabrestante para el movimiento de la cimbra

3.

Proyecto para sucesivas aplicaciones de la cimbra

3.1. REUTILIZACIÓN DE EQUIPOS

En la mayoría de los casos, el proyecto y fabricación de una cimbra auto-lanzable se realiza para la ejecución de un puente concreto, o bien para una tipología con características bien definidas a priori. Sin embargo, su vida de servicio habitualmente no termina con el puente para el que fue proyectada, sino que es utilizada para .la construcción de otros puentes.



Cada reutilización de un equipo debe contar con un proyecto

En otros casos se compone una cimbra mediante la adición de subconjuntos intercambiables que han sido utilizados de forma separada en otros puentes o de subconjuntos nuevos.

En cualquiera de estos casos la garantía de seguridad será la misma que la exigida a un equipo nuevo, aunque con la posibilidad de acreditarse con medios diferentes.

Por tanto el objeto de este capítulo es fijar las condiciones para la reutilización de una cimbra autolanzable. En este sentido se considerará como una nueva utilización aquel nuevo uso de una cimbra no contemplado en las condiciones del proyecto previo de la cimbra. Por tanto, un nuevo puente con alguna modificación en luces o cargas o elementos de apoyo, o cuelgue o etc.... respecto al que sirvió para un proyecto anterior supondrá una nueva utilización, y dará lugar a la necesidad de elaborar un nuevo proyecto.

La necesidad de contar con la reutilización de los equipos tiene diferentes implicaciones:

- Para cada utilización será necesaria la elaboración de un nuevo proyecto que aprovechará parcialmente el proyecto previo en tanto y en cuanto el nuevo puente sea diferente al anterior.
- En el primer proyecto de la cimbra puede ser conveniente tener en cuenta esta filosofía de reutilización y fijar requerimientos por encima de lo necesario para ese primer puente.
- En el primer proyecto de la cimbra es conveniente en la medida de lo posible dejar advertencias sobre los puntos críticos y claves de funcionamiento, que ayuden a los autores de futuros proyectos de esa cimbra.
- La validación de una cimbra nueva se realiza con la comprobación del cumplimiento de las exigencias contempladas en el proyecto y reflejadas en los planos y en el pliego para la fabricación y montaje. Sin embargo, una cimbra para validar su reutilización debe apoyarse en las inspecciones pertinentes. Además es aconsejable llevar un registro histórico de las estructuras que va realizando una cimbra.

3.2. CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR EL PROYECTO PARA SUCESIVAS APLICACIONES

Tal y como se indica más arriba, cada nueva utilización de una cimbra implica un nuevo proyecto con el mismo alcance que el indicado en el capítulo 2 para una cimbra nueva. Esto no supone la realización de todas las comprobaciones y cálculos de nuevo, sino que el Autor del nuevo proyecto (o proyecto de adaptación) podrá, a su criterio, adoptar como suficientemente fundamentados los cálculos, conclusiones, y datos aportados por el primer proyecto siempre que esté convenientemente respaldado. En este sentido es recomendable que el autor del proyecto dentro de su responsabilidad como proyectista adopte las siguientes medidas:

- Los datos y elementos dimensionados que se tomen de un proyecto anterior es conveniente sean chequeados con cálculos aproximados.
- Es conveniente hacer un análisis de que cargas o acciones han cambiado en el proyecto respecto a los proyectos anteriores y a que elementos afecta.
- En ese caso el proyecto deberá incluir como anexo el proyecto completo de donde se hayan tomado los datos o conclusiones.

Además en el primer proyecto es conveniente que se incluya de forma clara y destacada lo siguiente, (a modo de ayuda que facilite la labor de los proyectistas para sucesivas utilidades de la cimbra):

- Las especificaciones de partida que han servido para el primer proyecto. De forma simplificada, estas indicaciones aparecerán en la **ficha técnica**.
- El autor del primer proyecto indicará qué tipo de inspecciones y controles se realizarán sobre los elementos estructurales más comprometidos (nudos, soldaduras, tornillos,...) indicando su periodicidad y tipo de actuación, todo ello estará contenido dentro de un manual de conservación y mantenimiento integrado dentro del manual de operación.
- En el primer proyecto se dejará constancia de todas aquellas consideraciones o requerimientos que se hayan introducido en su diseño para otras posibles aplicaciones.

- Puesto que algunos elementos no estructurales, tales como elementos mecánicos, sensores electrónicos, juntas de cilindros hidráulicos,... se basan en el número de horas de funcionamiento, el autor del proyecto, el suministrador, el fabricante, etc. podrían establecer en este caso qué elementos debieran ser sustituidos en un uso correcto de la cimbra para su aplicación en otros trabajos, aunque éstos respondieran al mismo principio para el que fue proyectada. Todo ello quedará reflejado en el Manual de Mantenimiento de estos equipos (dentro del Manual de Operación).

Antes de realizar el proyecto indicado es conveniente realizar un estudio de viabilidad de esa aplicación. Para ello se analizarán en los proyectos de anteriores aplicaciones los requerimientos y limitaciones de uso, tales como:

- Pendiente y Peralte máximo.
- Radio de curvatura en planta.
- Carga máxima, deformaciones máximas admisibles, rotaciones en apoyos.
- Influencia de la interacción cimbra / estructura.
- Limitaciones del sistema de traslación.
- Posibilidades para la ampliación longitudinal y transversal del Conjunto Autolanzable.
- Sistemas de sujeción a pilas y cuelgue/apoyo trasero.

3.3. VALIDACIÓN DE LA CIMBRA PARA SUCESIVAS APLICACIONES

En el proyecto a redactar para cada nueva utilización se incluirá un pliego de condiciones en el que se podrá indicar las condiciones mínimas de aceptación del material y montaje de la cimbra. Todo ello sin perjuicio de las condiciones adicionales que considere el responsable de montaje, en función de las cuales extenderá el certificado de recepción y montaje.

En el caso de cimbras para una primera aplicación las condiciones de control son las de fabricación y montaje. En el caso de reutilización de cimbras es necesario valorar su estado de conservación. Los controles que garanticen la seguridad de la cimbra deben adaptarse a la diferente causalística que se da en estos casos (pequeñas reformas, grandes reformas,

PROYECTO PARA SUCESIVAS APLICACIONES DE LA CIMBRA

equipos modulares, equipos anteriores a la publicación del presente documento, etc.). A modo orientativo se indica a continuación algunas directrices, aunque se entiende que en cualquier caso tendrá prioridad lo indicado en el proyecto de la nueva aplicación:



Apoyo en pila

- Con la idea de tener un mejor seguimiento de la cimbra autolanzable en sus distintas aplicaciones se debe confeccionar una historia cronológica con el resumen de las distintas reutilizaciones, especificando las características de los viaductos realizados (nº de ellos, longitud, luces de los vanos y su número, secciones, pendientes, radio en planta, etc.).
- El autor del proyecto de la nueva aplicación estimará cuáles son los controles que deben hacerse en función del trabajo registrado de la cimbra, y podrá demandar los registros referentes a la historia de la actividad de la cimbra.
- Dichos controles se llevarán a cabo mediante inspecciones cuyo grado e intensidad dependerá del estado de conservación del material, pudiendo variar en función de los resultados de las primeras investigaciones del estado de la cimbra.

- El nivel de las inspecciones del montaje no depende del uso de la cimbra, sino de la complejidad de éste (montaje en el aire, montajes por fases, etc.).
- En algunos casos la cimbra se forma por la adición de conjuntos intercambiables. En este caso el registro cronológico de los elementos podrá hacerse no de forma individual sino del conjunto, considerando que cada elemento ha participado en todos los puentes donde se han utilizado piezas de ese conjunto.

Se describe a continuación el proceso tal y como suele desarrollarse desde el momento que se estima viable la reutilización de una cimbra:

- Se sigue un proceso de revisión del proyecto de los distintos elementos de la cimbra autolanzable, mediante el que se comprueba la aptitud dimensional y estructural de los encofrados, vigas soportes, vigas principales, rodaduras, medios de traslación y ménsulas o apoyos en pilas. En función de los resultados obtenidos se introducirán las modificaciones oportunas.
- Con los datos de la nueva cimbra, se procederá a definir las acciones sobre el puente, las cimentaciones auxiliares y los esfuerzos sobre ellas.
- Simultáneamente se habrán reajustado los procesos de montaje y desmontaje a las características del nuevo puente, así como el nuevo Manual de Operaciones y de Seguridad.
- Durante el proceso de reforma de la cimbra autolanzable, se deberá efectuar la inspección citada en el apartado anterior, con controles visuales de las estructuras comprobando si existen puntos (fundamentalmente en los nudos) en que se detecten sobreesfuerzos y que induzcan a realizar controles no destructivos (ultrasonidos, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, etc.) de las soldaduras de esas zonas. Así mismo se realizará la comprobación de que las características y tipo de materiales indicados en el proyecto tienen correspondencia con la realidad, bien a través de certificados o de ensayos.
- Si dentro de los elementos a reutilizar se encuentran los pernos de unión de alta resistencia, se recomendará desecharlos y colocar tornillos y tuercas nuevas. En algún caso que se demuestre que han trabajado a cargas muy por debajo de su capacidad (o bien que no hayan sido desmontados) y

PROYECTO PARA SUCESIVAS APLICACIONES DE LA CIMBRA

previa inspección de al menos el 15% del total de tornillos, que mediante ultrasonidos o partículas magnéticas, podría aceptarse su aprovechamiento.

- El párrafo anterior no incluye a las barras pretensadas y en general todos aquellos elementos que se tesen mediante gatos. En estos casos en el proyecto se fijarán los criterios de aceptación de estos materiales en función de su estado de conservación.

- En cuanto a los elementos mecánicos que se vuelvan a emplear se comprobará con movimiento en vacío y observación directa su correcto estado, procediendo al engrase de todos sus puntos. En el circuito hidráulico se vaciarán los depósitos llenando hasta el nivel apropiado tras una cuidadosa limpieza de las tuberías, filtros, etc.

Hay que destacar que en general las piezas trabajando en su rango elástico no sufren fenómenos de fatiga, ya que el número de ciclos es muy bajo, sin embargo conviene inspeccionar puntos de concentración de tensiones donde existan soldaduras. Los daños más habituales son los debidos a las operaciones de montaje, desmontaje y manipulación que pueden producir golpes y deformaciones.



Acopio

3.4. UTILIZACIÓN DE EQUIPOS ANTERIORES A ESTAS RECOMENDACIONES

Este Manual puede ser utilizado para cualquier cimbra existente con anterioridad a su publicación, aplicando las recomendaciones para el proyecto de la cimbra (capítulo 2) en la redacción del proyecto que es necesario realizar para cada nueva utilización. En ese caso, todo lo relativo a la fabricación de la cimbra será sustituido por lo indicado en el apartado 3.3.

4.

Fabricación

4.1. ASPECTOS GENERALES

El presente capítulo tiene por objeto establecer los requisitos de carácter general exigibles en el proceso de fabricación de la cimbra, así como de los diferentes componentes y equipos que forman parte de la misma.

En lo sucesivo, y en los aspectos aplicables al presente capítulo se denominará Fabricante a aquella Empresa o Industrial que ejecuta y ensambla en sus instalaciones los elementos, componentes y equipos que dan lugar al conjunto denominado cimbra, contratando la realización de los trabajos directamente con el Propietario de la misma. Aunque en ciertos casos ambos podrían coincidir, ello no resulta un obstáculo para que los requisitos aquí establecidos sean igualmente aplicables.



Armado de piezas en taller

En ningún caso las presentes recomendaciones sustituirán a las Especificaciones Técnicas establecidas en el Proyecto de la cimbra, sino que las complementarán en los aspectos específicos del proceso de fabricación de la misma.

4.2. PLANOS DE TALLER

Una vez finalizado el Proyecto de la cimbra y previamente a la fabricación de la misma, el Fabricante, basándose en la información contenida en el Proyecto, elaborará una serie de planos (planos de taller) más detallados que permitirán proceder a la fabricación de los diferentes elementos que la componen, desarrollando cualquier aspecto con la profundidad precisa para su construcción.

Se denominarán, por tanto, **Planos de Taller** al conjunto de documentos técnicos, de tipo gráfico, complementarios a los incluidos en el Proyecto de la cimbra, realizados por la Oficina Técnica del Fabricante, quien, basándose en los planos y especificaciones del Proyecto elaborará una documentación técnica con el suficiente grado de definición para permitir la correcta fabricación de la cimbra.

4.2.1. Contenido de los planos de taller

Los Planos de Taller contendrán de forma completa:

- Las dimensiones necesarias que permitan definir de forma inequívoca todos y cada uno de los elementos estructurales, mecánicos, componentes hidráulicos, eléctricos y electrónicos de la cimbra.
- Las calidades especificadas para los diferentes materiales empleados.
- Los tipos de perfiles, tubos y chapas considerados.
- Las contraflechas en aquellos elementos que lo precisen.
- La disposición de las uniones soldadas, atornilladas, pretensadas y/o bulonadas, incluso las provisionales de armado.
- El diámetro de los taladros para los tornillos, barras de pretensado y/o bulones, incluso con indicación de las especificaciones de mecanizado.

- La clase, número, diámetro y longitud de los tornillos, barras de pretensado o bulones.
- La forma y dimensiones de las uniones soldadas, la preparación de bordes, el procedimiento, métodos y posiciones de soldeo, incluso los materiales de aportación y el orden de ejecución de las soldaduras cuando sea preciso.
- Las indicaciones sobre los procesos de mecanizado, plegado o tratamientos térmicos cuando sean necesarios.
- Las tolerancias consideradas.
- Las especificaciones técnicas aplicables durante el proceso de fabricación.
- Los pesos y marcas de los diferentes conjuntos y elementos.
- Cuantas indicaciones sean precisas para la correcta ejecución de los trabajos.



Todos los Planos de Taller llevarán indicados los perfiles, tubos y chapas considerados, las clases de acero, los pesos y marcas para cada uno de los elementos estructurales representados en él, así como una clara referencia a los Planos de Proyecto que desarrollan.

4.2.2. Revisión y aprobación de los planos de taller

El Fabricante, antes de comenzar la ejecución de la cimbra, presentará una copia de los Planos de Taller al Propietario de la misma, quien los someterá a la aprobación del Autor del Proyecto. Éste último los autorizará con su firma o introducirá las correcciones oportunas si ello fuera necesario.

4.2.3. Modificación de los planos de taller

Cualquier modificación del Proyecto producida durante la fabricación deberá ser previamente autorizada por el Autor del Proyecto y quedará recogida y anotada para su incorporación en la versión “as built” de los Planos del Proyecto.

4.2.4. Documentación auxiliar elaborada a partir de los planos de taller

A partir de los Planos de Taller podrán elaborarse, con el detalle necesario:

- Hojas de corte y biselado.
- Hojas de desmembrado de perfiles.
- Hojas de plegado.
- Hojas de taladrado y mecanizado.
- Esquemas parciales de armado y soldadura en fases intermedias de fabricación cuando así sea preciso.

Esta información mostrará una clara referencia al Plano de Taller al que complementan, debiendo quedar archivada con el resto de registros producidos durante el proceso de fabricación de la cimbra.

4.3. RECEPCIÓN DE MATERIALES

A partir de los Planos de Taller y de las especificaciones del Proyecto se elaborarán las diferentes relaciones de materiales y equipos, así como las Especificaciones Técnicas de Compra que permitirán proceder a su adquisición en el mercado, dentro de las medidas y marcas comerciales habitualmente empleadas para el suministro de los diferentes elementos.

El suministro al lugar de fabricación se efectuará dentro de los plazos previstos, procediéndose a la recepción de los diferentes materiales de acuerdo con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas de Compra, elaboradas a partir del contenido del Proyecto y de su desarrollo en los Planos de Taller aprobados. Dichos materiales no podrán emplearse en la fabricación de la cimbra en tanto no sean recepcionados y aceptados por el Departamento de Control de Calidad del Fabricante, o por la Organización en quien delegue esta función el Propietario de la cimbra, para lo cual deberían comprobarse, al menos, los aspectos que se indican en los apartados siguientes.

Todos aquellos materiales o equipos que no puedan ser recepcionados y aceptados se apartarán y marcarán adecuadamente para evitar su empleo en la fabricación de la cimbra.



Piezas especiales de apoyo

4.3.1. Materiales siderúrgicos

Todos los materiales siderúrgicos deberán encontrarse cubiertos por un certificado de siderurgia del tipo 3.1.b según UNE-EN-10204 (o norma que la sustituya) que incluya características mecánicas y químicas. Si este certificado no existiera será preciso realizar los ensayos químicos y mecánicos correspondientes que permitan caracterizar y posteriormente certificar el material.

Una vez suministrado el material y acopiado en el lugar de fabricación, en la zona designada para ello, se efectuarán al menos los siguientes controles de recepción:

- Comprobación de la existencia de certificados de siderurgia para cada material, o, en su defecto, de la certificación mediante ensayos por una Entidad de Control Independiente.
- Comprobación de las dimensiones (ancho, largo y espesor) en el caso de chapas, o tipo de perfil o tubo y longitud en su caso, incluso tolerancias de suministro especificadas.
- Calidad y número de colada de acuerdo con los certificados de siderurgia.
- Comprobación del estado superficial.
- Control ultrasónico si se encuentra especificado. A este respecto se recomienda su realización para espesores mayores de 20 mm. en el caso de chapas. Su comprobación podría incluirse en el certificado de calidad de siderurgia, o podría ser ejecutado “in situ” por una Entidad de Control Independiente que expida el certificado correspondiente.

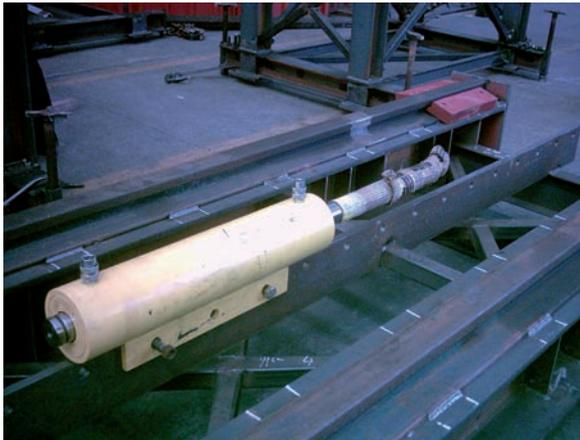
4.3.2. Subconjuntos estructurales o productos semielaborados

En el caso de elementos procedentes de la subcontratación de actividades por parte del Fabricante de la cimbra, elaborados en Taller parcial o totalmente a partir de materiales siderúrgicos, deberá procederse a la identificación del elemento mediante un sistema de marcado indeleble, de forma que incluya, al menos, la identificación

del elemento de forma que permita garantizar el proceso de trazabilidad del mismo.

El Suministrador (Almacenista, Taller, etc.) incluirá un documento firmado por persona física responsable que acredite, al menos, los siguientes aspectos:

- La realización del Control de Recepción de las correspondientes remesas y los resultados del mismo.
- La certificación de que la documentación transmitida correspondiente al producto se corresponde exactamente con la original. En el caso de que la manipulación del producto produzca la alteración o borrado de la identificación original (procesos de corte, mecanizado, etc.), se procederá a reponer las marcas originales, certificando la veracidad de las mismas.
- En el caso de subconjuntos estructurales acabados, el correspondiente informe de Control de Calidad conteniendo los resultados de las inspecciones y ensayos aplicables.



Cilindro montado
en bastidor

4.3.3. Equipos

Puesto que la mayoría de los equipos empleados (eléctricos, mecánicos, hidráulicos) corresponden a fabricaciones tipificadas, puede resultar suficiente para su recepción la comprobación de su certificado de características técnicas, o, en su caso, del marcado CE así como la disponibilidad del certificado correspondiente que lo avale.

4.3.4. Manipulación y almacenamiento

Todos los materiales y equipos deberán ser manipulados y almacenados de acuerdo con las instrucciones facilitadas por su Fabricante o Suministrador. Si por la forma de almacenaje o el tiempo transcurrido antes de su utilización los materiales o equipos se hubieran deteriorado, o hubieran sufrido desperfectos, deberán ser retirados y marcados convenientemente para evitar su empleo en la fabricación de la cimbra, o bien para que sean reparados adecuadamente.

En el caso de elementos estructurales deberán acopiarse de forma estable, evitando el contacto directo con el terreno así como el contacto o acumulación de agua en los mismos.

4.4. TRAZABILIDAD

Se entiende por Trazabilidad el conjunto de procedimientos desarrollados y aplicados en el proceso de fabricación de la cimbra que permiten conocer, en todo momento, el origen, la ubicación y la trayectoria seguida por un producto o lote de productos, empleando para ello herramientas específicas.

4.4.1. Registro

Todos los productos empleados en el proceso de fabricación deberán encontrarse debidamente documentados a través de los correspondientes Certificados de Calidad, siendo responsabilidad del Fabricante de la cimbra su registro físico e identificación con el producto desde el momento en que se produce su recepción y aceptación.

4.4.2. Marcas de identificación

Se recomienda efectuar un marcaje de todos los elementos de tal forma que se asegure su trazabilidad a lo largo del proceso de fabricación. Una vez recepcionado el material y designado con el código correspondiente a la orden de trabajo, éste podrá ser empleado en el proceso. Con el fin de asegurar una correcta trazabilidad de los elementos durante la fabricación, se recomienda el empleo de las siguientes marcas:

- **Marcado de ejecución.** Cada pieza, elemento o conjunto deberá encontrarse codificado de manera que pueda ser identificada su posición en el conjunto de la cimbra. Este marcado corresponderá a la forma de designación empleada en los Planos de Taller.

- **Marcado de trazabilidad.** Todas las piezas, elementos o conjuntos emplearán un sistema de codificación adecuado que permita en todo momento identificar la procedencia de los elementos que lo componen. La identificación podrá basarse en registros documentados para lotes de productos asignados a un proceso común de producción, disponiendo cada elemento de una marca duradera y distinguible que resulte visible en cualquier momento del proceso. En el caso de elementos formados por subconjuntos, éstos deberán llevar asociado el código de identificación que permita asociarlos con el material base empleado.

Se recomienda que el marcado sea realizado por personal especializado en esta operación. En general, y salvo que existan condicionantes técnicos o tecnológicos que lo impidan, se admite la codificación mediante estampación o punzonado, evitándose en todo momento los sistemas que pudieran causar daños al material (especialmente en el caso de material frágil).

4.4.3. Transmisión de la información

El procedimiento empleado deberá garantizar, en todo momento, la transmisión de la información de una forma clara y precisa a cualquier agente que intervenga en el proceso de fabricación, bien sea al Propietario, Fabricante o cualquier otro posible participante (Talleres Auxiliares, Subcontratistas, etc.), para verificar así la trazabilidad del producto terminado.

4.5. CONSTRUCCIÓN EN TALLER

El presente capítulo establece los requisitos mínimos exigibles al proceso de ejecución en Taller, considerados como adecuados al nivel previsto de seguridad que proporcionan los criterios establecidos para el proyecto de la cimbra y recogidos en otros capítulos de las presentes Recomendaciones.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares incluirá todos los requisitos particulares exigibles a los procesos de fabricación y montaje, así como a los materiales empleados para garantizar el nivel de seguridad establecido en el Proyecto, pudiendo contener indicaciones complementarias a las aquí establecidas sin reducir las exigencias tecnológicas ni invalidando los niveles mínimos de calidad establecidos en las presentes recomendaciones, o en la normativa en vigor para la construcción de estructuras metálicas.

4.5.1. Enderezado

Previamente a la ejecución de cualquier otra actividad, deberá asegurarse el cumplimiento de las tolerancias establecidas, para lo cual pudiera ser necesario corregir las desviaciones detectadas mediante enderezado. Para ello se utilizarán prensas o máquinas de rodillos en el caso de chapas y perfiles, o cualquier procedimiento similar realizado en frío.

4.5.2. Corte del material

El corte deberá efectuarse por medios adecuados que puedan garantizar la ausencia de irregularidades o endurecimientos locales inadecuados, en cuyo caso debería recurrirse a un mecanizado posterior de las zonas de corte. Se consideran, por tanto, adecuados para este fin los procedimientos de corte por medio de sierras, plasma y oxicorte automático, pudiendo emplearse los procedimientos de oxicorte manual o cizalla en elementos secundarios siempre que se asegure posteriormente la ausencia de irregularidades o dureza excesiva de los bordes. En cualquier caso se considera preceptiva la eliminación de rebabas y partes afectadas, salvo que el proceso de soldeo garantice su fusión posterior.

Se evitará en cualquier caso la presencia de aristas vivas y ángulos entrantes, así como la posibilidad de creación de cualquier tipo de entalla, empleándose radios de redondeo de dimensiones adecuadas.

4.5.3. Conformación

Las operaciones de conformado podrán efectuarse por doblado o plegado en frío o en caliente, siempre que las características del material una vez conformado no sean inferiores a las consideradas en el proyecto de la cimbra.

Cuando el plegado o el curvado se efectúe en frío deberán respetarse las indicaciones recogidas en la norma UNE-EN-10025 (o norma que la sustituya) para las diferentes clases de acero empleadas, pudiendo ser preciso un tratamiento térmico posterior. Similares indicaciones deberían ser respetadas en el caso de conformación en caliente, llevándose a cabo dichas operaciones en el intervalo de temperaturas comprendido entre 950° C y 1050° C, exigiéndose, en este caso un control eficaz de las temperaturas.

4.5.4. Taladrado

Para la realización de taladros se considera como procedimiento más idóneo el de taladrado, evitándose la ejecución de taladros mediante oxicorte o punzonado en los elementos estructurales de la cimbra. Únicamente se considerará adecuada su ejecución por estos métodos si se efectúa posteriormente un mecanizado a las dimensiones definitivas, realizándose un taladro previo reducido, al menos 5 mm. menor en diámetro.

Con el fin de asegurar la adecuada coincidencia entre taladros de diferentes piezas que deban conformar una única unión se recomienda el taladrado conjunto de las mismas o el empleo de plantillas adecuadas, así como los métodos de armado y soldeo adecuados para garantizar su idoneidad una vez finalizado el proceso de soldadura.

4.5.5. Soldadura

La unión soldada supone un posible punto débil de la estructura metálica, por lo que exige que se preste especial atención. La mejor unión soldada es aquella que sólo incorpora la cantidad de soldadura que estrictamente es necesaria. Sin embargo, en muchas ocasiones un mismo elemento puede ser utilizado en diferentes posiciones en otras utilidades. Por tanto, la disposición de soldaduras estrictas implica un cierto riesgo de error, por lo que se recomienda que sea prioritario el criterio expuesto en 2.5.2. por el cual las uniones se dimensionan al límite de la capacidad de los perfiles que llegan a ella.

Antes de su realización es necesario definir un procedimiento de soldadura que considere:

- Tipo de unión: (A tope, en rincón,...)
- Posición de soldadura.
- Preparación de bordes.
- Tipo de equipo, consumibles y variables de operación con las que se va a realizar la soldadura.
- Número de pasadas y orden de ejecución de los cordones.

- Precalentamientos, postcalentamientos y posibles tratamientos térmicos para posibles distensionados.

Todos los **procedimientos de soldadura** empleados en la fabricación de la cimbra se encontrarán homologados de acuerdo con alguna de las normas de reconocido prestigio empleadas habitualmente en la Construcción Metálicas, tales como ASME, AWS, UNE-EN,... Dichos procedimientos serán adecuados a la calidad del acero empleado, a la posición de soldeo y al método de soldeo empleado (soldadura por arco eléctrico manual, atmósfera gaseosa, arco sumergido,...).

Homologación de soldadores. Todos los soldadores participantes en el proceso de fabricación de la cimbra se encontrarán calificados en los procedimientos empleados, encontrándose actualizados los certificados que lo avalen en el momento de la fabricación.



Detalle de nudo

La preparación de los bordes cuando sean precisos será la adecuada a los procedimientos de soldeo empleados y homologados, siendo responsabilidad del Fabricante su elección en los detalles correspondientes en los Planos de Taller.

Durante los procesos de soldeo se observarán las prácticas adecuadas que aseguren la inmovilidad de las piezas, así como las que eviten

la introducción de tensiones residuales o parásitas indeseables, para lo cual podría ser preciso el establecimiento de secuencias de soldeo adecuadas recogidas en los Planos de Taller. Igualmente se respetarán las medidas referentes al precalentamiento del material base de acuerdo con los procedimientos de soldeo empleados.

Durante la ejecución se realizará un autocontrol que incluirá como mínimo:

- Una inspección visual de todos los cordones.
- Ensayos no destructivos, especificados en el proyecto, en función de la clase de ejecución, llegando en el caso de soldaduras de máxima responsabilidad definidas por el proyectista a un control del 100%. (véase 2.5.7)

4.5.6. Montaje en blanco

Esta operación consiste en presentar los elementos y conjuntos fabricados en Taller y proceder a su ensamblado previo al montaje definitivo en el lugar de utilización de la cimbra. Con carácter general deberá obtenerse una coincidencia de las uniones dentro de las tolerancias aplicables, sin forzar o dañar ninguna de las piezas o conjuntos que componen la cimbra. En cualquier caso deberá comprobarse el ajuste de las superficies de apoyo por contacto en cuanto a dimensiones, ortogonalidad y planeidad.

Los taladros desalineados o no coincidentes podrán corregirse mediante retaladrado si se encuentran dentro de los límites de las tolerancias establecidas, rechazándose en caso contrario las piezas afectadas.

El montaje del conjunto de la cimbra en las instalaciones donde se ha fabricado, antes de su recepción definitiva, se considera una actividad de la máxima importancia, permitiendo la comprobación o corrección, en su caso, de la correcta fabricación del conjunto, así como permitir el funcionamiento y ajuste de determinados equipos acoplados a la cimbra. Si el montaje resulta correcto podrá efectuarse la recepción del conjunto, siendo preciso, en caso contrario, proceder

a la modificación o reparación de todos aquellos elementos que lo precisen.

A partir de los diversos subconjuntos fabricados, y una vez comprobado que sus dimensiones se encuentran dentro de las tolerancias especificadas, se procederá a un montaje del conjunto de la cimbra, bien completo o por bloques si el Fabricante no dispusiera de espacio suficiente. En este último caso podrá efectuarse un montaje parcial empleando gálibos de referencia o plantillas, siempre que asegure el cumplimiento del objetivo buscado.

Los diferentes subconjuntos parciales, una vez comprobado que sus dimensiones se encuentran dentro de las tolerancias previstas, se ensamblarán en las instalaciones del Fabricante o en el lugar previsto por el Propietario, de modo que se adapte a la forma y dimensiones previstas en los Planos de Proyecto y en los Planos de Taller, con las tolerancias establecidas previamente para el conjunto completo. Se comprobará, cuantas veces sea preciso, la exacta colocación y ajuste de los diferentes elementos, recomendando que las dimensiones reales queden recogidas en un plano general.



Montaje en blanco

No se procederá a la fijación definitiva de las uniones hasta que no se haya comprobado que la posición de los elementos a unir coincide exactamente con la posición definitiva. Durante este proceso deberá verificarse que las uniones entre los diferentes tramos permiten un perfecto ajuste dentro de las tolerancias especificadas, así como su idoneidad para el perfecto funcionamiento de los equipos, procediéndose en caso contrario a su reparación o corrección.

Si se hubieran previsto elementos de corrección en las uniones no se comenzarán las operaciones de fijación de las mismas hasta que no se haya comprobado que la posición relativa de los elementos a unir es correcta, y que la desviación entre la forma actual y la forma definitiva podrá ser anulada mediante el empleo de los citados medios de corrección.

Debido a la importancia que este proceso puede tener en la recepción de los trabajos correspondientes a la fabricación de la cimbra se recomienda desarrollar un procedimiento, con el nivel de detalle preciso, así como recoger en un protocolo firmado por ambas partes, Fabricante y Propietario, la idoneidad del montaje, registrando en el mismo las dimensiones reales del conjunto, así como cualquier incidencia o anomalía digna de mención.

Durante todo el proceso de montaje se adoptarán las medidas de seguridad adecuadas y se emplearán los medios precisos para garantizar que el proceso progresa de una forma similar a como ocurriría en un montaje en obra.

4.6. EQUIPOS. MONTAJE Y PRUEBAS

Una vez finalizada la fabricación de la cimbra deberá procederse al acoplamiento y montaje de todos los equipos (eléctricos mecánicos hidráulicos) que forman parte de la misma, así como a la realización de las correspondientes pruebas de funcionamiento y al reglaje o ajuste de los mismos si ello fuera preciso. Durante el desarrollo de estas actividades se respetarán en todo momento las instrucciones y recomendaciones del Suministrador

de los equipos. En particular se recomienda seguir escrupulosamente sus directrices en todas aquellas actividades relativas a su manipulación, encomendándose la realización de las mismas a personal especializado.

Todas las pruebas de funcionamiento y los posibles reglajes y ajustes de los equipos deberán efectuarse a partir de un protocolo elaborado específicamente para los mismos, el cual incluirá la forma en que deberán ser ejecutadas así como los resultados esperables. Igualmente se especificarán los posibles reglajes y ajustes precisos para lograr el perfecto funcionamiento de los equipos. En cualquier caso se recomienda que estas operaciones sean llevadas a cabo directamente por personal técnico del suministrador o, al menos, que sean desarrolladas bajo la dirección del mismo.

4.7. CONTROL DE CALIDAD

Se considera preceptivo, a lo largo del presente Manual, el Control de Calidad de los Materiales y de la Ejecución de la cimbra. Su finalidad es verificar que el conjunto cumple una serie de características de calidad que permitan garantizar, con una determinada probabilidad de aceptación, que la cimbra en su conjunto, y cada uno de los elementos que la componen, son conformes con los criterios generales establecidos en las presentes recomendaciones, así como con los requisitos particulares que se definan en el Proyecto de la cimbra. Es precisamente el Autor del proyecto de cimbra el que debe establecer cuales son los controles de fabricación de acuerdo con el contratista principal.

En cualquier caso, todas las actividades ligadas al Control de los Materiales y de Fabricación deben garantizar el mantenimiento de la trazabilidad de cada uno de los productos y materiales empleados, permitiendo identificar a los suministradores y, en el caso de elementos estructurales, las coladas correspondientes.

El Propietario de la cimbra será responsable de exigir al Fabricante la aplicación de un Plan de Control de Calidad que contemple los criterios generales establecidos al respecto en las presentes Recomendaciones. En

todas aquellas actividades ligadas al control establecido podrá encontrarse presente un representante del Propietario.

De cada una de las actividades establecidas para el Control deberá quedar constancia mediante documentación física o electrónica, firmada por la persona física responsable de la misma, y en el caso de encontrarse presente, por el representante del Propietario. Con carácter general se recomienda que las actividades de Control sean realizadas por organizaciones independientes de los agentes responsables de su ejecución.

4.7.1. Entidades de control

Se recomienda que las actividades de control y ensayo sean realizadas por Laboratorios Oficiales o Privados que se encuentren debidamente acreditados para la ejecución de las correspondientes inspecciones y ensayos. Si el Laboratorio adjudicatario de los ensayos no pudiera realizar alguna de las actividades y tuviera que recurrir a la subcontratación de otra organización, deberá contarse con la aprobación expresa del Propietario de la cimbra, quien podrá exigir que se cumplan idénticos requisitos que los exigidos originalmente al Laboratorio adjudicatario del control.

4.7.2. Planificación del control

Previamente a las actividades de Construcción de la cimbra, el Fabricante de la misma deberá presentar al Propietario para su aprobación un Plan de Control o un Plan de Puntos de Inspección y Ensayo que contemple, al menos, los siguientes aspectos:

- Identificación de los materiales, actividades y equipos objeto de control y relación de las actuaciones a efectuar durante el mismo: tipo de ensayo, frecuencia de la inspección,...
- Previsión de los medios materiales y humanos destinados al control.
- Programación de las actividades de Control en función del programa de fabricación previsto.

- Planificación del programa de autocontrol del Fabricante, caso de existir.
- Designación del responsable del Control.
- Sistemas de documentación a emplear durante el proceso de Control.

4.7.3. Control de la ejecución

Aunque se considera que el control de la ejecución es responsabilidad del Propietario de la cimbra se recomienda basarlo en una combinación del autocontrol desarrollado por el Fabricante de la misma y de un control externo de contraste desarrollado por la Entidad de Control en quien delegue el Propietario de la cimbra. El control de ejecución comprenderá todas las fases de construcción de la cimbra desarrolladas en las instalaciones del Fabricante o en las instalaciones de cualquier Subcontratista contratado por éste y aprobado por el Propietario.

El Fabricante, antes de proceder a la construcción de la cimbra, desarrollará un Plan de Autocontrol de la ejecución que será sometido al Propietario para su aprobación. Dicho plan deberá ajustarse al contenido de las presentes Recomendaciones, e incluirá todas las fases de ejecución de la estructura, incluso las actividades de montaje en blanco en el Taller.

El Fabricante registrará los controles efectuados con la frecuencia establecida previamente, y los pondrá a disposición del Propietario en su totalidad. El Fabricante designará al responsable del Autocontrol, que será el encargado de la realización del mismo y de la firma de las correspondientes actas de inspección que se redactarán como consecuencia de cada una de las actividades derivadas del proceso.

El Plan de Autocontrol deberá considerar, al menos, los siguientes procesos:

- Control de la documentación de recepción.
- Control de los procedimientos de fabricación.
- Control de los Planos de Taller.
- Control de la trazabilidad.
- Control de las operaciones de corte, conformación y taladrado.
- Control dimensional.
- Control de procedimientos de soldadura y homologación de soldadores.
- Control de la ejecución de uniones soldadas.
- Control de la ejecución de uniones atornilladas.
- Control del armado en Taller.

4.7.4. Distintivos de calidad

Algunos de los productos empleados en la fabricación de la cimbra podrían encontrarse en posesión de marcas, sellos y certificados de calidad que avalen que los productos que los ostentan se encuentran sometidos a unos procesos específicos y a un control de producción en fábrica que permiten garantizar, con un nivel de confianza determinado, que cumplen las especificaciones que los propios distintivos se han impuesto a través de los correspondientes procedimientos específicos.

Así, el control de recepción definido en las presentes Recomendaciones, al objeto de comprobar la conformidad de cada uno de los materiales y productos empleados en la fabricación de la cimbra puede tener en cuenta las posibles garantías asociadas a los controles de producción en fábrica, siempre que éstos se encuentren en posesión de un distintivo de calidad reconocido por un Centro Oficial competente y perteneciente a alguna de las Administraciones Públicas de un Estado Miembro del Espacio Económico Europeo.

4.8. TOLERANCIAS DE EJECUCIÓN

Las tolerancias de ejecución deberán ser especificadas en el contenido de las Especificaciones Técnicas del Proyecto de la cimbra, pudiendo resultar válidos los valores considerados en la normativa de referencia en vigor para Estructuras Metálicas.

No obstante lo anterior, y debido al carácter específico de la cimbra, con acoplamiento de elementos mecánicos o hidráulicos pudiera ser preciso especificar tolerancias más estrictas, como pudiera ser el caso de tolerancias de tipo mecánico en elementos mecanizados o uniones para un correcto funcionamiento. Dichas tolerancias deberían encontrarse especificadas en el Proyecto y comprobadas con detalle durante la ejecución, así como quedar recogidas en los Planos de Taller.

4.9. MANIPULACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Todos los conjuntos y piezas que forman la cimbra se encontrarán marcados y codificados de forma indeleble de acuerdo con las marcas correspondientes a su identificación en los Planos de Montaje, donde igualmente se recogerán los pesos y dimensiones generales de cada uno de los subconjuntos y equipos auxiliares.

El almacenamiento y depósito de los elementos estructurales y equipos auxiliares constitutivos de la cimbra se realizará de una forma sistemática y ordenada, facilitando así su posible manipulación e inspección. El apilado de los elementos deberá efectuarse sobre una superficie firme y nivelada, de tal forma que pueda garantizarse su estabilidad y fácil acceso de los medios de carga, así como evitar posibles daños por una colocación y acopio inadecuados. Si el almacenaje se efectuara a la intemperie deberá realizarse de tal forma que se evite el contacto directo con el terreno, así como las posibles acumulaciones de agua.

Todos aquellos elementos que no se encuentren adecuadamente protegidos contra la corrosión deberán disponer de algún tipo de protección temporal que no afecte a su comportamiento futuro, tales como sellados, grasas hidrosolubles,...

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

Los equipos deberán almacenarse en contenedores o embalajes adecuados que eviten posibles daños o desajustes en su funcionamiento. Igualmente las piezas de pequeñas dimensiones tales como tornillos, barras, bulones, etc. deberán clasificarse y embalsarse de forma adecuada, evitando así su pérdida o daños accidentales.

Las labores de manipulación de los diferentes elementos y equipos se efectuarán empleando los medios adecuados a sus dimensiones y pesos, debiendo ser realizadas por personal especializado en estas operaciones. En todo momento deberán tomarse las precauciones adecuadas para garantizar la máxima seguridad en dichas labores. Las piezas y equipos estarán dotados de las correspondientes orejetas o cáncamos, los cuales quedarán recogidos en los correspondientes Planos de Montaje.



Transporte

Las manipulaciones necesarias para la carga, descarga, transporte, almacenaje y montaje se realizarán con el cuidado suficiente para no provocar sollicitaciones excesivas en ningún elemento de la estructura, así como para evitar daños en las piezas o en la pintura. Se cuidarán especialmente, protegiéndolas si fuera necesario, las partes sobre las que hayan de fijarse las cadenas, cables, eslingas o ganchos que se empleen en las manipulaciones de las piezas o equipos.

Se corregirá cuidadosamente, antes de proceder al montaje, las abolladura, comba o torcedura que haya podido producirse en las operaciones de transporte y no sean compatibles con las condiciones establecidas en el manual de operación. Si el defecto no pudiera ser corregido, o se presume que después de corregido pudiera afectar a la resistencia o estabilidad de la estructura, la pieza en cuestión se rechazará, marcándose debidamente para dejar constancia de ello. En este sentido se seguirán los criterios de recepción indicados en el proyecto de la cimbra.

5.

Recepción, montaje y desmontaje

Previamente al comienzo de los trabajos de recepción y montaje debe estar disponible en la Obra el Manual de Operación y Mantenimiento, el cual deberá ser conocido por todos los que intervienen en los distintos trabajos, especialmente por el Técnico responsable, el Encargado y los Jefes de Equipo.

Para una correcta realización y para un mejor control de los trabajos realizados es conveniente preparar previamente un desglose ordenado de los procesos, para reducir al máximo el riesgo de daños personales y materiales, a la vez que se mejoran los rendimientos alcanzados en los diferentes procesos emprendidos. Cuando los trabajos se consideren que pueden ser críticos, tanto por la importancia para el correcto funcionamiento de la estructura como por los riesgos de daños personales o materiales que puede acarrear el mismo sería recomendable disponer de listas de chequeo, en las cuales se pueden incluir textos explicativos que fueran ilustrados con dibujos, croquis y fotografías, de forma que no presentará ningún tipo de duda para las personas que los tienen que interpretar.

5.1. CONTROL DE LAS ZONAS DE ACOPIO, PREMONTAJE Y MONTAJE

Para la elección de la zona de acopio se tienen que tener en cuenta y se deben comprobar que se cumplen las siguientes condiciones:

- Se debe verificar un adecuada condición de proximidad,
- Se tiene que cumplir con las dimensiones requeridas, tanto de planeidad como de pendientes,
- Se debe asegurar un adecuado comportamiento del terreno, tanto en cuanto a su resistencia, como a su drenaje, pudiendo ser necesaria una adecuación de la zona para garantizar todo ello.
- Hay que prever también la ubicación de las grúas móviles, si van a ser necesarias, para garantizar su correcto emplazamiento sobre la superficie del terreno.
- Cuando sean precisos durmientes o zapatas se comprobará las posiciones, dimensiones y drenajes de los mismos de igual manera.
- En aquellos casos que se cuente con limitación de espacio puede ser necesario que el proceso se tenga que subdividir en diferentes fases, las cuales deben ser analizadas para ver las condiciones que requieren y las precauciones que son necesarias adoptar.

5.2. DESCARGA Y ACOPIO CLASIFICADO

En el proceso de descarga, para evitar riesgos personales y materiales, debe quedar claramente definida la forma en la que se va a estrobar el material, debiendo indicar los ángulos y la carga máxima que puede aguantar cada eslinga, así como los puntos de fijación de las mismas. La clasificación adecuada en el acopio tiene repercusiones positivas en la seguridad y en el rendimiento. Para algunos tipos de elementos será necesario definir formas y alturas máximas de apilado, debiendo indicarse la forma correcta en la que se tiene que realizar, haciendo referencia al tipo y posición de los separadores a emplear entre piezas, así como los contenedores a emplear y formas de uso.



Zona acopio,
premontaje
y montaje

5.3. CONTROL DE MATERIALES Y EQUIPOS

Se considera que el control de calidad de fabricación ha sido superado, por tanto, el control en la recepción sirve para determinar los posibles deterioros, producidos por:

- El uso o el mal uso, en utilizaciones anteriores del material
- Daños en transporte
- Daños en manipulación

Se analizará el grado de influencia de estos daños en la resistencia o funcionalidad de los elementos.

Si bien los aspectos críticos a controlar deben estar en el Manual de Operación y Mantenimiento o en el PPT, puede haber algunos tipos de daños no contemplados que habrán de ser interpretados por el técnico responsable del montaje en cuanto a la necesidad, o no, de reparación. El responsable del montaje decidirá, por tanto, si el daño es aceptable, o necesita reparación o es necesario consultar al proyectista. El resultado de estas decisiones se reflejará en el documento de verificación del montaje.

5.4. PREMONTAJE

Entre otras actividades y recomendaciones se citan las siguientes:

- Cuando sean precisos apoyos provisionales se comprobarán las características, posiciones, dimensiones y drenajes de los mismos. Los puntos críticos suelen ser las fijaciones de los estrobos y la estabilidad de los elementos hasta completar los paquetes.
- También hay que definir los procedimientos para pretensado de barras y/o tornillos que lo requieran y engrases y pares de apriete, debiendo comprobarse los mismos en base a las especificaciones de proyecto.
- En barras pretensadas se tendrá en cuenta las pérdidas por asiento de tuerca por lo que la fuerza a introducir por el gato debe fijarse con ensayos en las mismas condiciones.
- Comprobación de geometría de las pilas y puntos de apoyo de la cimbra, de cada una y posición con respecto a las otras, para asegurar que están dentro de las tolerancias marcadas. Se incluyen en este concepto tanto los taladros en pilas para introducir barras o perfiles, placas de apoyo, o durante la construcción los taladros para el punto de cuelgue trasero de la cimbra.
- Se deben definir también los medios de estabilización para evitar vuelcos o desplazamientos, cuando sean necesarios, y alturas máximas de apilado de los elementos premontados.



Montaje de la cimbra

5.5. MONTAJE

Se tendrá en cuenta que:

- Cuando sean precisas zapatas para apoyos de montaje no previstas en proyectos el responsable de montaje valorará la necesidad de ser consultado al autor del proyecto de cimbra. En cualquier caso se comprobarán las características, posiciones, dimensiones y drenajes de los mismos.
- Cuando se disponen partes sobre elementos móviles (deslizantes, ruedas...) han de quedar aseguradas para evitar su desplazamiento indeseado (los procedimientos estarán indicados en el proyecto).



Montaje de
cuchillo de cimbra

- Según el tipo de cimbra (bajo tablero, sobre tablero o intermedia), se comprobarán las dimensiones de pilas y estribos son las previstas en el proyecto. Además se comprobará el espacio disponible detrás de los estribos. Si esta comprobación implica modificar el montaje y realizarlo sobre el primer o segundo vano, se consultará con el proyectista de la cimbra.
- Se deben tener en cuenta los pesos de los subconjuntos y la forma de estrobo. Para ello se utilizarán las tablas de pesos de elementos contenidas en el proyecto. Si se detectan diferencias significativas se comunicarán al proyectista.

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

- Las correcciones necesarias para tomar errores dentro de tolerancia se realizarán en la posición definida de ménsulas, paquetes de vigas, porta-encofrados, encofrados, pasos y plataformas de seguridad, equipos auxiliares, contraflechas longitudinales y transversales. Cuando las rectificaciones superen las tolerancias marcadas por el proyecto se deberá consultar con el proyectista para la resolución del problema.
- Las conexiones de elementos hidráulicos, eléctricos, neumáticos, etc. debe ser comprobada antes de comenzar la operación de la cimbra. Una lista de control para estas comprobaciones puede ser muy útil.
- Puede ser necesario disponer bloqueos en función de las lecturas de anemómetros, así como imponer posibles limitaciones a las maniobras.
- Según los casos, habrá que marcar los centros de gravedad de los paquetes de vigas y de los encofrados, de forma que sean claramente visibles e identificables. En los planos y en los procedimientos deberán estar determinados los condicionantes a tener en cuenta para evitar situaciones de desequilibrio y especialmente de vuelco durante el montaje de piezas y subconjuntos.



Pórtico auxiliar de transporte de encofrados armadura y viga de cuelgue

- Se deberá comprobar, después de cada fase de montaje, con la correspondiente lista de chequeo, el cumplimiento de los parámetros de montaje dentro de tolerancia. En la lista de chequeo estarán relacionadas todas las cuestiones que supongan riesgos estructurales en caso de no reunir los requerimientos pertinentes.

5.6. DESMONTAJE

Las consideraciones a tener en cuenta son similares a las del montaje. En estas fases los aspectos más importantes suelen ser los de estabilidad al vuelco de los paquetes o torres auxiliares por excentricidades del centro de gravedad y, a veces, por el viento y/o maniobras.



Desmontaje de cimbra

5.7. CONTROL DEL MONTAJE

El responsable del montaje deberá certificar por escrito que éste se ha realizado según proyecto. Si se ha introducido alguna modificación lo indicará debiéndose reflejar con las correcciones pertinentes en el proyecto y por tanto aceptado por el autor de éste.

Para realizar la inspección el responsable del montaje se basará en las indicaciones que estén contenidas en el proyecto de cimbra sobre tolerancias de montaje.

El mismo documento incluirá los resultados de la inspección del material en la recepción en obra, y en su caso su aceptación o medidas correctoras adoptadas.

6.

Operación de la cimbra

6.1. OBJETO Y ALCANCE DEL CAPÍTULO

El presente capítulo tiene como objeto dar recomendaciones sobre las operaciones de la cimbra autolanzable atendiendo a las fases de trabajo que desarrolla: la de su propio movimiento en avance de un vano al siguiente, y el hormigonado del tablero.

En cuanto al movimiento de la propia cimbra se establecen los documentos necesarios para la realización de la maniobra así como las responsabilidades y formación de las personas que la realizan. Se analizan las distintas fases del lanzamiento y los puntos de control que se han de revisar en orden cronológico de actuación.



Prefabricación de ferralla en parque fijo

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

En las operaciones relativas al hormigonado se incluyen todas las necesarias para la ejecución del tablero, operaciones de colocación de armadura pasiva y activa, encofrado y desencofrado y hormigonado. Estas operaciones se analizan desde la perspectiva de las particularidades que pueda introducir la cimbra respecto a otros procedimientos de ejecución, bien sea por los medios auxiliares que se utilicen para su colocación (principalmente operaciones de colocación de armadura y encofrado), o por los condicionantes que deban respetarse para su ejecución (hormigonado).

No es objeto de este capítulo la correcta ejecución de las operaciones relativas al hormigonado que debe ser analizada en el correspondiente plan de calidad, aunque sí es necesaria la inclusión de la secuencia de vertido del hormigón sobre el encofrado, ya sea a sección completa o por fases.

6.2. OPERACIONES RELATIVAS AL FERRALLADO Y HORMIGONADO

Se incluyen aquí todas las operaciones de hormigonado así como las operaciones previas para la ejecución del tablero

La variación de la altura de trabajo puede ser un factor determinante en el enfoque de los medios auxiliares a utilizar para los trabajos de colocación de armadura pasiva y activa y los de encofrado y desencofrado del interior de la sección. La altura de trabajo será especialmente importante en la colocación del hormigón donde los medios auxiliares para trabajar desde el suelo, como las bombas automóviles, tienen una altura máxima a partir de la cual no hay disponibilidad en el mercado.



Transporte de ferralla con medios auxiliares

OPERACIÓN DE LA CIMBRA

El avance de un vano a otro motiva a su vez la variación de las distancias a puntos de acceso, por lo que en caso de prefabricación de ferralla en un parque fijo habrá de cuidarse tanto el transporte, cada vez mayor, como la colocación de la misma. Lo mismo puede ocurrir en el caso de establecer puntos fijos de acopio de encofrados u otros elementos.

Los condicionantes referidos hacen que en numerosas ocasiones las cimbras posean medios auxiliares de transporte y elevación que las independicen lo máximo posible y, en cualquier caso, se tenderá a trabajar desde el tablero previamente construido, por lo que la afección al tablero o a la propia cimbra hace necesario que el problema sea objeto de análisis.

En cuanto a la colocación del hormigón también ha de hacerse referencia a la necesidad de un estudio adecuado de su puesta en obra, dado que a la complicación habitual del hormigonado de la sección transversal de una sección en cajón ha de sumarse la gravedad de posibles interrupciones en el mismo por la altura a la que habría de afrontarse una posible actuación y la afección que podría tener sobre la propia cimbra.



Hormigonado
del primer vano

6.2.1. Procedimientos

Los procedimientos a redactar en el manual de operaciones dependerán de las particularidades de la obra en cuestión, por lo que se pueden definir dos niveles:

- **Procedimiento mínimo:** Procedimiento de hormigonado
- **Procedimientos complementarios:** Cuando los medios auxiliares a utilizar en los trabajos de ejecución del tablero lo hagan desde el tablero construido (o desde la propia cimbra) o en el caso de que tengan suficiente entidad para requerir un estudio particular. Es posible que los procedimientos complementarios no sean incluidos en el manual de operaciones sino que sean completados en obra.

Se establecerán procedimientos de control del hormigonado mediante la medición de flechas según lo indicado en el proyecto.

6.2.2. Procedimiento de hormigonado

El procedimiento del Manual de Operaciones debe analizar fundamentalmente las siguientes partes:

- Aspectos con implicación en el cálculo de la cimbra y/o del tablero
- Planteamiento general del hormigonado
- Emplazamiento de medios auxiliares
- Hormigonado de la sección transversal

La forma en la que se realiza el hormigonado tiene implicaciones de cálculo, y en este sentido el proyecto de la cimbra debe ser coherente entre sus diferentes documentos (anejo de cálculo, Manual de Operaciones, Planos) y con el proyecto del puente.

Cualquier variación en este extremo debe contar con la aprobación del proyectista de la cimbra y el del puente.

En el **Planteamiento general del hormigonado** se desarrollarán las características del hormigonado y deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

OPERACIÓN DE LA CIMBRA

- Volumen de hormigón total a colocar. El incremento en las luces de las cimbras de avance hace que los hormigonados sean cada vez más voluminosos.
- Medios auxiliares a emplear. De especial importancia cuando no se pueda hacer desde el suelo con bombas automóviles. Debe quedar claro el alcance y el caudal teórico.
- Estimación de rendimientos. Del volumen total a colocar y de los medios que se piensa utilizar se determinará el número de elementos auxiliares que son necesarios para realizar un hormigonado con garantías para que no se produzcan juntas frías.



Hormigonado desde suelo

El **Emplazamiento de medios auxiliares** debe quedar reflejado en un plano en planta donde se vea el radio de acción de los medios a utilizar, y la tensión mínima admisible del terreno en la sombra del tablero. De esta forma se podrá contrastar rápidamente que ningún punto del tablero queda fuera del alcance. De igual forma se indicará el sentido en el que se llenará el encofrado.

No se debe comenzar el hormigonado del tablero sin tener toda la sombra del mismo cubierta por los medios auxiliares, desde el inicio.

En el caso de que los medios auxiliares estén colocados encima del tablero previamente hormigonado, debe realizarse el mismo plano de emplazamiento referido, pero en este caso debe reflejar también las cargas que transmiten estos elementos al tablero durante el hormigonado. Este plano de geometría y cargas debe ser aprobado por el proyectista del tablero previo al inicio de los hormigonados. Son especialmente sensibles las cargas situadas en los voladizos y las cargas puntuales.

En el caso de que las cubas de transporte de hormigón deban transitar por encima del tablero deberá quedar constancia de su recorrido y de la carga que transporta para que sea igualmente aprobada.



Ventanas con encofrado interior

En el caso de que los medios auxiliares de hormigonado estén integrados en la estructura de la cimbra y sus cargas ya hayan sido tenidas en cuenta en la interacción cimbra-estructura bastará con hacer referencia al cálculo de la cimbra.

Hormigonado de la sección transversal. En este apartado se mostrará la forma en la que se piensa introducir el hormigón para asegurar el llenado de la sección transversal. Debe reflejarse de forma clara las fases de hormigonado (si las hay) y la altura máxima de las distintas tongadas. Debe especificarse el avance de los diferentes frentes de hormigonado unos respecto de otros. Por ejemplo, avance de la losa inferior respecto almas o máxima diferencia de avance entre alas (desequilibrio transversal).

Debe hacerse mención de los medios que se dispongan para asegurar el llenado, como ventanas en los encofrados de hastiales, vibradores de superficie. También pueden ser necesarias ventanas en el encofrado de losa superior para acceder a la losa inferior si el hormigonado es a sección completa, con hormigón convencional.

En el caso de usar hormigón autocompactante (con contraencofrado en la losa inferior), es recomendable la disposición de ventanas en el contraencofrado para comprobar que el hormigón llega al centro de la losa.



Medios auxiliares complejos: pórtico, automóvil, carro de extracción

- En el caso de disponer un sistema de pretensado con conectadores en la junta, se debe estudiar el procedimiento para asegurar el correcto hormigonado de esa zona. En el apartado 8.2.m se dan algunas recomendaciones de diseño para facilitar esta operación.

6.2.3. Procedimientos complementarios

Los procedimientos complementarios tienen como objeto abordar los trabajos de ejecución del tablero (montaje de las distintas armaduras, encofrado y desencofrado, tanto si se hormigona a sección completa como por fases) que se realicen con medios auxiliares complejos como pórticos automóbiles, carros de extracción de encofrados, etc., o que

utilizando medios auxiliares convencionales, como las grúas automóbiles o plataformas, lo hagan desde el tablero previamente construido o desde la propia cimbra y supongan, por lo tanto, una afección al tablero que deba ser estudiada. Es posible que estos procedimientos no vengán completamente desarrollados en el manual de operaciones en cuyo caso se completarán en obra quedando así documentados.



Carro de extracción de encofrado interior

Utilización de medios auxiliares sobre el tablero o la propia cimbra

La utilización de medios auxiliares convencionales o complejos sobre el tablero o la propia cimbra conlleva una serie de aspectos que han de ser tenidos en cuenta y que se analizan a continuación:

- Las cargas correspondientes a los medios auxiliares que terminen llegando al tablero serán objeto de análisis, por el autor del proyecto del puente. Si en obra se detectan variaciones a lo tenido en cuenta en el proyecto de cimbra se volverá a consultar al proyectista.
- El empleo de medios sobre la propia cimbra deberá ser considerado y aprobado por el autor del proyecto de la cimbra.
- Los datos que debe contener el informe son: peso del elemento en vacío, carga máxima a manejar, cargas transmitidas por elemento al tablero en todas las hipótesis (360° de giro con carga), superficie sobre la que se aplica la carga, posicionamiento del elemento sobre el tablero, etc., es decir, todas las necesarias para caracterizar el problema.

OPERACIÓN DE LA CIMBRA

- Se recomienda hacer un plano en planta, en el que se pueda apreciar la posición de todos los elementos auxiliares que vayan a trabajar simultáneamente sobre el tablero, con el valor de las cargas que transmiten. La realización de un plano de situación y cargas aplicadas facilita la labor de comprobación de la capacidad resistente del tablero al proyectista.
- Se recomienda hacer una secuencia de planos que representen las diferentes etapas del ciclo de trabajo, y en los que se muestren los elementos auxiliares utilizados.
- En cuanto a la ejecución del tablero el realizar planos de situación de elementos puede ayudar a prever posibles interferencias entre todos los agentes que van a trabajar simultáneamente en el tablero.
- Ha de estudiarse la zona de trabajo de cada elemento marcándola encima del tablero si se considera necesario. Esto es importante, por ejemplo, en el cruce de plataformas o cubas de hormigonado, donde ha de marcarse el ancho máximo que se pueda ocupar en dicho cruce para no penalizar los voladizos.



Pórtico automóvil

- El estudio del ciclo de trabajo con todas las actividades de la ejecución de un vano ayudará a que cada trabajo se realice en el tiempo que corresponda, evitando así interferencias innecesarias o no permitidas entre los distintos agentes. Los elementos más comunes que pueden trabajar sobre el tablero son:
 - Plataforma de transporte de jaulas de ferralla sobre el tablero
 - Elemento auxiliar de colocación de jaulas de ferralla
 - Bobinas, devanadoras, enfiladoras y otros elementos para colocación y tesado de la armadura activa
 - Grúas o pórticos automóbiles para distintos trabajos de ferralla o encofrados
 - Elementos para acopio o premontaje de paños de encofrado
 - Cubas de transporte de hormigón y bombas u otros dispositivos para su colocación
- La utilización de elementos auxiliares complejos sobre el tablero previamente construido recibirán el mismo tratamiento en cuanto a geometría y cargas que los convencionales.
- Si alguno de los medios auxiliares trabaja sobre la cimbra, es decir, directamente sobre el encofrado o cualquier otro elemento portante de la cimbra, habrá de especificarse la forma en la que se salva la transición entre tablero y el encofrado de la cimbra dado que ambos estarán a distinta cota.
- Debe especificarse la zona o banda de trabajo en la que se puede mover encima de la cimbra y qué medidas se pueden tomar para asegurar que no pueda salirse de dicha zona.
- En el caso de trabajar con pórticos automóbiles se recomienda estudiar las condiciones de gálibo de cada elemento, qué puede pasar por debajo de él y qué no.
- Cualquier variación de las condiciones de trabajo de los elementos auxiliares que modifique entregadas inicialmente al proyectista del tablero debe ser nuevamente aprobada por él.

Utilización de elementos auxiliares complejos

El empleo de medios auxiliares automóviles como pórticos, carros, o cualquier otro elemento para transporte e izado/descenso de cargas debe llevar el mismo tratamiento que la cimbra, es decir, debe tener un proyecto propio con los documentos que se indican en el punto 2.1 del presente manual:

- Memoria y anejo de cálculo
- Planos de la estructura del elemento automóvil
- Planos eléctricos e hidráulicos de los sistemas de traslación y elevación
- Pliego de especificaciones técnicas
- Manual de uso y mantenimiento
- Manual de prevención

La magnitud del proyecto será función de la complejidad del elemento auxiliar.

En el caso de que los medios de elevación y transporte de las distintas cargas estén integrados en la propia cimbra debe quedar constancia clara de los puntos del proyecto de la cimbra donde se tratan.



Posición de la cimbra durante el lanzamiento

6.2.4. Registro de las incidencias

En cualquier caso las incidencias deben quedar reflejadas en el registro del plan de calidad de la obra. En particular se hará referencia a:

- Incidencias relevantes
- Revisiones realizadas
- Reparaciones ejecutadas
- Observaciones

El registro de las incidencias se rellenará en cada vano ejecutado por el responsable de operaciones de la cimbra.



Lanzamiento de cimbra. Entrada en ménsula

6.3. OPERACIONES DE LANZAMIENTO

Se definen como operaciones de lanzamiento a todas aquellas que comprenden desde el momento posterior al tesado hasta el momento en el que se puede comenzar las actividades dentro del encofrado por estar en posición en el siguiente vano. Estas operaciones pueden variar en función del tipo de cimbra pero en líneas generales son:

- Retirada de la vinculación/cuelgue al tablero (para cimbras bajo tablero)
- Descimbrado del tablero
- Apertura y ripado de la cimbra o del encofrado
- Lanzamiento hasta el siguiente vano
- Cierre y ripado de la cimbra o del encofrado

- Posicionamiento final
- Colocación de la vinculación al tablero/cuelgue al tablero (para cimbras bajo tablero)

La otra actividad fundamental para el lanzamiento es el montaje de las estructuras de apoyo en pila, operación que, en función del tipo de cimbra, se puede realizar de manera independiente en el tiempo o durante el propio lanzamiento, con medios incorporados en la propia cimbra o con medios externos ubicados en la sombra del tablero.



Lanzamiento
de cimbra.
Movimiento
sobre ménsula

El éxito de la maniobra reside en el buen conocimiento de la cimbra auto-lanzable por parte de las personas que deben realizar la maniobra, y en ejecutar correctamente todas las operaciones de las que consta el lanzamiento en el orden establecido en el Manual de Operaciones. El personal responsable de la maniobra de lanzamiento debe conocer todas las características de los elementos y su forma de trabajo, de manera que pueda tomar las decisiones oportunas para el funcionamiento de la cimbra. A su vez, debe conocer bajo que circunstancias ha de detener la maniobra hasta resolver la posible incidencia que haya motivado dicha interrupción.

De manera independiente a estos procedimientos se debe fomentar la creación de cursos de formación para el personal de obra, bien sea para

los técnicos que han de supervisar las operaciones de la cimbra o para los contraмаestres y demás personal especialista de obra que deben ejecutarlas.



Montaje de la estructura de apoyo en pila

6.3.1. Procedimientos

De manera análoga al apartado sobre las maniobras relativas al hormigonado se definen aquí dos niveles de documentos a redactar, dentro del manual de operaciones:

- **Procedimiento mínimo:** Procedimiento de lanzamiento
- **Procedimientos complementarios:** En este caso los procedimientos complementarios deben estar encaminados a aclarar maniobras que sin pertenecer a las del lanzamiento son igualmente necesarias para que éste se pueda realizar, tales como el montaje y desmontaje de las estructuras de apoyo en pila, el proceso de vinculación y desvinculación de la cimbra al tablero (para cimbras bajo tablero), el montaje, desmontaje y traslado del encofrado interior, etc...

6.3.2. Procedimiento de lanzamiento

6.3.2.1. Alcance del procedimiento

El procedimiento de lanzamiento estará incluido en el Manual de Operaciones y tiene como objeto que todas las personas que intervienen en el lanzamiento tengan un acceso más rápido y sencillo a las características de los diferentes elementos del que tendrían sólo a través de los planos y demás documentos del proyecto. Por otra parte describirá las diferentes maniobras en las que participan los diferentes elementos.

Es importante que el procedimiento esté enfocado al personal de obra, tanto técnicos como operarios, por lo que debe contener cuanta información gráfica sea necesaria para facilitar y aclarar los conceptos, siendo preferibles las fotos o los croquis a detalles más complejos que aparezcan en los planos.



Lanzamiento

6.3.2.2. Descripción de los elementos que intervienen en el lanzamiento

En el Manual de Operaciones debe reunirse la información que debe conocer el responsable en obra de la cimbra así como las recomendaciones para cada elemento.

En este apartado se definen todos los elementos que intervienen en el lanzamiento y se deben aportar todas las características técnicas necesarias para su funcionamiento. Se enumeran a continuación los elementos más comunes de las cimbras y sus características aunque habrá que tener en cuenta en cada caso las particularidades de cada cimbra y aumentar o reducir la lista que se adjunta:

a) Cuelgue o vinculación de la cimbra al tablero (Para cimbras bajo tablero)

Una vez que se ha realizado el tesado (de todos los tendones o de los necesarios para descimbrar) del tablero ejecutado, se procederá a desvincular la cimbra de él. Es una maniobra delicada dado que se produce un cambio en la condición de apoyo de la cimbra al pasar de estar colgada del tablero en la parte trasera y apoyada en la pila delantera a apoyar en dos pilas. Suele constar de los siguientes elementos:



Viga de cuelgue trasero

- Viga de cuelgue trasero (para cimbras bajo tablero)
 - Se definirá la forma de la viga y su peso
 - Puntos de apoyo de la viga en el tablero y forma de realizarlo
 - Se describirán los balancines para el reparto de las cargas sobre las barras de cuelgue de la cimbra
- Cilindros de sustentación y puesta en carga de la cimbra
 - Número de cilindros a utilizar y tipo de los mismos (carga de referencia). Peso de los cilindros.
 - Posición de trabajo de los cilindros (vástago arriba o abajo).
 - Presión estimada de trabajo y presión máxima, carrera de trabajo y carrera máxima. Características principales de la bomba que los acciona.

- Sistema de bloqueo de los cilindros y cuándo ha de accionarse, así como la relación de las válvulas de seguridad que han de montarse en ellos.
- Apoyo de los cilindros, bien sea en el tablero o en la propia viga
 - Barras de cuelgue de la cimbra
- Diámetro de las barras y características del material. En el caso de barras de pretensado debe quedar claro los riesgos asociados a las soldaduras y concentraciones de calor en ellas así como a los daños por corrosión.
- Número de barras, carga de trabajo estimada y carga máxima admisible.
- Despiece de las barras y peso de las mismas
- Ventana necesaria en el tablero para el paso de las barras
 - Sistema de rótulas para asiento de barras y cilindros
 - Deberá quedar claro qué rotulas hay en el sistema de cuelgue para absorber las posibles irregularidades y desviaciones angulares
 - Vigas de compresión (si las hubiere)
 - Geometría de las vigas
 - Carga de tesado de las barras de cuelgue de la cimbra
 - Despiece de las vigas y peso de las mismas

Una vez definidos los distintos elementos debe desarrollarse las maniobras y el orden en el que ejecutarlas para su correcto término. Debe quedar claro en qué fase del proceso ha de introducirse el vínculo al tablero, qué operaciones no pueden desarrollarse si la cimbra no está cosida y/o pretensada al tablero.

b) Sistema para el Descenso Abatimiento de encofrados (para cimbras sobre tablero)

En cimbras sobre tablero, un apartado importante es el abatimiento del encofrado, tanto en su fase de desmoldeo o descimbrado, así como su posterior abatimiento para posicionarlo a cota y proceder al ferrallado y hormigonado.

Se indica en el procedimiento la posición de las plataformas correspondientes para tener acceso a todos los puntos en los que se realicen maniobras de enganche o desenganche de barras, así como la instalación de los elementos de seguridad a colocar durante la realización de estas operaciones, de tal manera que durante el procedimiento se asegure que la estructura de encofrado se encuentre convenientemente sujeta, sin peligro para el operario que realice la operación.

El abatimiento se puede realizar por medios hidráulicos o mecánicos, debiéndose indicar en cada caso la capacidad de los distintos elementos que componen el sistema.

Normalmente se dejarán pequeñas zonas sin hormigonar sobre la losa inferior del tablero, que deberán de inspeccionarse antes del hormigonado, para comprobar que no van a interferir en la apertura de los paños del encofrado.



Estructura principal

c) Estructura principal

Se definirán las distintas partes o módulos de la estructura principal, teniendo en cuenta que lo que ha de quedar claro en este procedimiento son todos aquellos elementos que puedan tener interferencias o ser parte activa del lanzamiento. Los elementos de la estructura principal son:

OPERACIÓN DE LA CIMBRA

- Elementos estructurales
 - Debe estar claramente especificado el máximo desfase transversal y longitudinal en la apertura y avance. Es conveniente la instalación de sistemas de control del desfase con alarmas sonoras.
 - Módulos resistentes centrales (cuchillos sobre los que se ubica el encofrado).
 - Módulos extremos o patines.
 - Módulos intermedios (los restantes).
 - Bastidores o zonas reforzadas para apoyo / cuelgue de la estructura en los elementos de apoyo en pila / viga de cuelgue trasero.



Apertura para el paso de pilas

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

- Materialización de la rodadura
 - Descripción del elemento de rodadura perteneciente a la estructura principal
- Sistema de traslación
 - Sistema de traslación por cilindros hidráulicos
 - Descripción general del sistema
 - Capacidad de los cilindros de avance
 - Carrera máxima de los cilindros
 - Presión de trabajo
 - Presión máxima del equipo
 - Potencia de los motores de la central hidráulica, caudal de la misma y resto de características
 - Elementos de seguridad del sistema: Capacidad de parada del sistema en sobrecarga o carga mínima
 - Otras características del sistema: sincronización de los equipos, protección contra intemperie...



Disposición de plataformas inferiores de acceso

- Sistema de traslación por cable
 - Descripción general del sistema
 - Carga de rotura del cable y composición del mismo, diámetro
 - Número de reenvíos, posición de las poleas
 - Características del cabrestante: potencia del motor, diámetro del mismo y forma de trabajo

OPERACIÓN DE LA CIMBRA

- Elementos para mantener el cable en tensión durante las operaciones
 - Sistemas de protección del cable
- Elementos de reacción del movimiento. Sistema para transmitir las fuerzas horizontales desde la cimbra al tablero como consecuencia del movimiento de esta.
 - Definición y forma de trabajo del punto de reacción del movimiento.
 - Carga transmitida por el movimiento y transmisión a los puntos fijos del puente, estribos o pilas
- Elementos a liberar para el lanzamiento
 - Descripción de los elementos que se fijan al cerrar la cimbra. Estos elementos estarán en cada cimbra en distintos sitios: en el encofrado o en la estructura principal...
 - Operaciones necesarias para fijarlos o liberarlos
 - Fijaciones de elementos que puedan quedar libres al abrir la cimbra durante el lanzamiento
 - Elementos de fijación ante posibles inestabilidades de elementos al abrir la cimbra durante el lanzamiento



Entrada de patines
en carretones

d) Elementos de apoyo en pila

- Estructura de apoyo
 - Descripción estructural del elemento
 - Elementos de fijación a la pila y transmisión de cargas verticales y horizontales transmitidas durante el avance de la estructura o por la acción del viento sobre el conjunto o conjuntos autolanzables. En el caso de que vayan pretensadas, se indicará la carga de tesado.
 - Máximo desequilibrio transversal entre ambos lados de la cimbra en apertura y cierre (para cimbras bajo tablero).
 - Máximo desequilibrio en longitudinal en la entrada de los lados de la cimbra (para cimbras bajo tablero).
 - Comprobar que en proyecto existe una holgura o margen de error para los movimientos indicados en el avance que no comprometan la estabilidad ni la resistencia de los distintos elementos.
 - En apoyos para cimbras bajo tablero comprobar que el mortero de nivelación bajo las placas de apoyo tiene la resistencia apropiada para poder realizar el avance sobre él, y verificar que la placa ha quedado correctamente nivelada y a cota.
- Elementos de elevación y descenso de la estructura y/o el encofrado exterior
 - Descripción del sistema de puesta en cota del encofrado o del encofrado y la cimbra.



Reenvíos de sistema de traslación por cable

OPERACIÓN DE LA CIMBRA

- Si el equipo es hidráulico (cimbra + encofrado) deberán constar las siguientes características:
 - Descripción general del sistema
 - Capacidad de los cilindros
 - Presión estimada de trabajo y presión máxima
 - Carrera máxima de los cilindros y carrera de trabajo
 - Potencia de los motores de la central hidráulica, caudal de la misma y resto de características
 - Elementos de seguridad del sistema: Válvulas hidráulicas de retención de carga, y tuercas de bloqueo mecánico.
 - Descripción del sistema de elevación, grupos de cilindros trabajando juntos o individualmente
- Elementos para la traslación transversal de las 2 semicimbras (para cimbras bajo tablero)
 - Características del sistema hidráulico (si es a través de cilindros):
 - Descripción general del sistema
 - Capacidad de los cilindros
 - Presión estimada de trabajo y presión máxima
 - Carrera máxima de los cilindros y carrera de trabajo
 - Potencia de los motores de la central hidráulica, caudal de la misma y resto de características
 - Elementos de seguridad del sistema
 - Descripción del sistema de traslación, grupos de cilindros trabajando juntos



Cilindros de elevación, ripado y mesa de rollers

- Elementos de rodadura o deslizamiento sobre apoyos (Rollers, rodillos,...)

- Número de ruedas por apoyo y capacidad de cada rueda y sus correspondientes rodamientos
- Resistencia a la rodadura
- Movimientos permitidos durante el lanzamiento

e) Encofrados interior y exterior

Los encofrados son objeto de revisión en el procedimiento de lanzamiento en la medida que puede ser un obstáculo durante el mismo. Será importante revisar antes de desencofrar, que todas las barras de cosido han sido retiradas.



Entrada a los rodillos de pila durante el lanzamiento

Por otra parte es recomendable fijar una separación mínima entre el encofrado exterior y el tablero hormigonado para no tener problemas durante el lanzamiento.

Para las cimbras sobre tablero se ha de prestar atención en el paso del encofrado por la proyección del tablero, sobre todo en tableros en curva, para que el encofrado no tropiece con el tablero. Será recomendable revisar, no obstante, que todas las barras de cuelgue hayan sido retiradas. Se revisará también que el solape de encofrados es el indicado en el proyecto.

- Elementos de apertura y cierre del encofrado
- Características del sistema hidráulico:
 - Descripción general del sistema
 - Capacidad de los cilindros
 - Presión estimada de trabajo y presión máxima
 - Carrera máxima de los cilindros y carrera de trabajo
 - Potencia de los motores de la central hidráulica, caudal de la misma y resto de características
 - Elementos de seguridad del sistema
 - Descripción del sistema de apertura y cierre, grupos de cilindros trabajando juntos o individualmente

f) Accesos

Se dejará constancia de dónde se encuentran los pasillos de acceso y las plataformas de trabajo suficientes para permitir al personal para la ejecución de cada una de las actividades detalladas en el procedimiento de lanzamiento.

6.3.2.3. Proceso de lanzamiento

La descripción del proceso de lanzamiento, una vez definida la nomenclatura así como el manejo y cuidado de cada una de las partes, constará de la descripción secuencial de cada una de las actividades a realizar. En líneas generales será:

1. Liberación del cuelgue trasero (para cimbras bajo tablero).
2. Descimbrado
3. Desunión transversal del encofrado, soltando bulones, tensores, barras,...
4. Apertura de la cimbra
5. Ripado de los cuchillos o celosías principales (para cimbras bajo tablero).
6. Descenso de los cuchillos en los rodillos
7. Lanzamiento de la cimbra
8. Entrada a los rodillos de pila

9. Lanzamiento hasta posición definitiva
10. Ripado de los cuchillos (para cimbras bajo tablero)
11. Aproximación definitiva en planta
12. Unión transversal del encofrado con bulones, tensores, barras,...
13. Posicionamiento en cota, llevando la sección más abierta en tabicas, si es necesario, en su parte dorsal para permitir el solape con la fase ya construida
14. Montaje y puesta en carga del cuelgue trasero (para cimbras bajo tablero)



Cierre de la cimbra. Ripado de los cuchillos

6.3.2.4. Puntos de control durante el lanzamiento

Los puntos de control durante el lanzamiento se analizan en el apartado 6.3.2

6.3.3. Procedimiento

Los procedimientos complementarios sirven para aclarar maniobras que sin pertenecer a las del lanzamiento son igualmente necesarias, tales como el montaje y desmontaje de las estructuras de apoyo en pila, proceso de vinculación y desvinculación de la cimbra al tablero, montaje, desmontaje y traslado del encofrado interior (ya sea monolítico accionado hidráulicamente, o por módulos que se manipulen manualmente o con otros medios auxiliares propios o externos), etc...

El grado de definición de los mismos dependerá del grado de complicación que tenga cada actividad. Estas actividades, si bien no pertenecen al lanzamiento propiamente dicho, pueden ser incluidas en él.

6.3.4. Puntos de chequeo y control durante el lanzamiento

El documento de puntos de chequeo y control estará incluido en el manual de operación y debe servir como guión durante la maniobra para las personas responsables de la misma. Deben contener los parámetros de trabajo de los distintos equipos para que, por comparación con los reales en cada lanzamiento, se puedan detectar anomalías en el sistema.

El formato que debe tener es el de una ficha sencilla que se pueda ir rellenando durante el lanzamiento. Los datos que contendrá la ficha son los siguientes:

- Datos generales de la maniobra
- Comprobaciones previas al lanzamiento
- Operaciones a realizar
- Los datos generales de la maniobra deben identificarla de manera inequívoca y pueden ser:

- Nombre o número que identifique el tablero en ejecución dentro de la obra
- Número de vano a lanzar
- Fecha del lanzamiento

Comprobaciones previas al lanzamiento. Se indicará si el resultado de la comprobación es correcta o no y si puede procederse al lanzamiento.

Las comprobaciones relativas al tablero son responsabilidad del Jefe de obra, o del técnico en quien éste delegue:

- Resistencia del hormigón para tesar
 - Valor de proyecto
 - Valor real
- Resultado del tesado
 - Alargamientos de los cables conformes
 - Las mordidas de las cuñas en los cables son uniformes

Otras comprobaciones que debe realizar el responsable de operación de la cimbra son las siguientes:

- Que se han retirado todas las barras de cosido y cuelgue de encofrados y no hay ningún elemento que pueda quedar atrapado en el lanzamiento.
- Que la alineación o ajuste a la cota establecida de los distintos apoyos sobre los que se mueven las estructuras principales está dentro de las tolerancias previstas, con objeto evitar deformaciones impuestas que penalicen el comportamiento de las estructuras principales.
- Que los elementos pretensados de las ménsulas de pila o cuelgue trasero tienen la carga adecuada.
- Que en los apoyos de pilas hay topes laterales convenientemente colocados.
- Que el viento existente o pronosticado es menor que el viento admisible

- Que se ha realizado la revisión previa de los equipos hidráulicos
- Que todas las personas involucradas conocen su cometido

Debe quedar constancia de que el resultado de las comprobaciones realizadas es acorde a lo requerido. Ambos agentes indicados autorizarán por escrito la disposición al movimiento de la cimbra.

Operaciones a realizar

En este apartado se deben indicar cronológicamente todas las operaciones que compongan la maniobra, de forma que se pueda ir comprobando que se finalizan completamente antes de pasar a la siguiente. En el caso de operaciones que se puedan simultanear se dejará indicado.

De la misma forma que en las comprobaciones previas, se debe indicar el resultado de la operación, si es satisfactoria o no, y se precisarán los valores estimados de referencia de cada una de ellas.

Como orientación pueden ser las siguientes:

- En el caso de que la viga de cuelgue trasero (para cimbras bajo tablero) vaya pretensada, destesado de las barras de alta resistencia:
 - Presión teórica
 - Presión real
 - Puesta en carga del cuelgue del tablero para su liberación (para cimbras bajo tablero).
 - Presión teórica en cilindros
 - Presión real
- Desbloqueo y descenso o retirada de cilindros
- Puesta en carga de los cilindros de descenso en las pilas delantera y trasera
 - Presión teórica en cilindros
 - Presión real
- Retirada del cuelgue trasero (barras de cosido en cimbras bajo tablero y viga de compresión, si la hubiere)

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

- Descenso de la estructura hasta apoyo en los rodillos traseros y delanteros o fase intermedia
 - Carrera teórica
 - Carrera real
 - Posición correcta del apoyo
- Colocación de posibles elementos de estabilización durante el lanzamiento
- Apertura de los elementos de cosido de la estructura y/o el encofrado
- Ripado de la estructura y/o del encofrado (para cimbras bajo tablero)
 - Presión teórica para ripado
 - Presión real
- Descenso completo de la cimbra hasta apoyo en los rodillos si no se ha producido anteriormente
- Lanzamiento de la cimbra hasta entrada en la pila siguiente
 - Desfase en el lanzamiento, resultado admisible
 - Fuerza horizontal teórica durante el lanzamiento
 - Fuerza real
- Entrada en la rodadura de la pila, resultado correcto
- Lanzamiento del resto de la cimbra
 - Fuerza horizontal teórica de lanzamiento
 - Fuerza real
- Posicionamiento de la cimbra en planta en la pila de llegada
 - Posicionamiento visual
 - Correcciones por topografía
- Izado de la estructura hasta cota intermedia si es preceptivo
 - Presión teórica
 - Presión real
- Ripado de la estructura hasta cierre (para cimbras bajo tablero)
 - Desfase entre las dos maniobras, resultado admisible
 - Presión teórica para ripado
 - Presión real
- Cierre de los elementos de cosido de la estructura y/o el encofrado

OPERACIÓN DE LA CIMBRA

- Retirada de posibles elementos de estabilización durante el lanzamiento
- Elevación hasta posición definitiva
 - Presión teórica



Apertura de encofrados para avance

- Presión real
- Vinculación de la cimbra al tablero en caso de ser preceptivo realizarlo en este momento. En el caso de realizarse a través de viga de cuelgue trasero (para cimbras bajo tablero) y con elemento de compresión intermedio, tesado de las barras de alta resistencia
 - Presión teórica
 - Presión real
- Conformidad de terminación de maniobra

Durante el lanzamiento se medirán además las flechas en diferentes fases así como las reacciones de gatos (dependiendo del sistema), siguiendo lo indicado en el proyecto.

Los puntos de chequeo y control tienen como misión adicional tener información suficiente para detener la maniobra cuando los resultados intermedios no sean satisfactorios; por eso, en el caso de que la maniobra deba ser detenida, deberá quedar constancia escrita de que la incidencia se ha resuelto antes de continuar.

6.3.5. Registro de las incidencias y otros datos

En cualquier caso las incidencias deben quedar reflejadas en el registro del plan de calidad de la obra. En particular se hará referencia a:

- Incidencias relevantes
- Revisiones realizadas
- Reparaciones ejecutadas
- Observaciones

El registro de las incidencias se rellenará en cada vano ejecutado por el responsable de operaciones de la cimbra.

Es conveniente que los datos de flechas y reacciones comentados más arriba se registren también de forma ordenada.

7.

Seguridad y prevención de riesgos

7.1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

La prevención de riesgos merece un capítulo independiente, aunque hay que tener en cuenta que la redacción de todos los capítulos del presente manual se ha enfocado hacia el único objetivo de sentar las bases del trabajo para que la ejecución de tableros con cimbras de avance se realicen de una forma segura para los distintos agentes que intervienen.

En este capítulo se trata de dar unas recomendaciones generales que sirvan de apoyo tanto a los responsables de prevención como de los Jefes de obra que se enfrentan a una cimbra autolanzable y no conocen los riesgos que específicamente conlleva esta actividad. Por tanto no debe entenderse este capítulo como un compendio de todos los riesgos que pueden surgir sino como una ayuda al análisis de los mismos.



Montaje de
cuelgue trasero

Obviamente cada cimbra autolanzable tiene unos riesgos diferentes de las demás cimbras en función de su diseño particular, pero existen unos riesgos comunes a todas ellas que son sobre los que profundizaremos en este capítulo.

La prevención de riesgos debe comenzar en la fase de proyecto, tanto del tablero como de la cimbra autolanzable. No debe contemplarse la prevención como un asunto a desarrollar en la obra. Cualquier fallo estructural tiene un riesgo potencial mucho mayor por tratarse de fallos que acarrearán deficiencias parciales o totales en las protecciones colectivas de los operarios.

Como se indica en el índice, se tratan aquí los aspectos que deben incorporarse en el Plan de Seguridad y que son específicos de la cimbra autolanzable, para posteriormente relacionar los que corresponden a otros elementos o actuaciones de carácter común para cualquier obra (maquinaria general, elementos auxiliares, etc.).

Finalmente en el último apartado de este capítulo se trata lo que se ha denominado “Seguridad Estructural. Control” entendida respecto de las dos estructuras que intervienen en el proceso, la cimbra y el tablero.

7.2. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD ESPECÍFICAS

El trabajo con cimbras de avance es altamente especializado y suele ser realizado por personas con experiencia en este tipo de elementos.

En numerosos casos la alta especialización conlleva la subcontratación de los trabajos a empresas especializadas. Para la realización de un Plan de Seguridad debe contarse con los responsables de la ejecución por ser quienes mejor conocerán la cimbra y los riesgos asociados a la misma.

De cualquier forma se deberán contemplar los riesgos principales generados por todas las actividades de la ejecución del tablero.

7.2.1. Riesgos

Los riesgos inherentes al trabajo con cimbra autolanzable se pueden resumir en:

- Atrapamientos de extremidades entre objetos
- Caídas de personas a distinto nivel
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de materiales durante el montaje de las torres
- Vuelcos de materiales premontados
- Golpes, contusiones y heridas
- Sobreesfuerzos al mover el material manualmente
- Los propios de grúas y sistemas de elevación
- Exposición a las inclemencias climatológicas

Estos riesgos son específicos del trabajo con este tipo de material y se manifiestan en todas las fases, actividades, operaciones y actuaciones que se desarrollan al trabajar con cimbra autolanzable y que se describen a continuación reseñando además las precauciones a tomar en cada una de ellas.

7.2.2. Actividades y operaciones. Precauciones

a) Carga, descarga y acopio de materiales en obra

- Asignar personal con cualificación adecuada y conocedor del tipo de materiales objeto del trabajo a realizar, así como conocedor del lenguaje gestual para dirigir las maniobras.
- Elegir un espacio adecuado fuera de la proyección vertical de las zonas de trabajos en altura.
- Balizar y señalar la zona.
- Utilizar separadores y niveladores en materiales almacenados en pilas.
- Atender a la presencia de líneas eléctricas en las proximidades de la zona de acopio.

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

- Disponer de las grúas necesarias, dotadas de los accesorios correspondientes debidamente adaptados al trabajo a realizar, eslingas, plumines, ganchos, etc.
- Usar la ropa de trabajo proporcionada por la empresa, cuidando las exposiciones al sol.
- Cesar temporalmente la actividad si las condiciones atmosféricas así lo aconsejan.



Transporte en obra de encofrado interior premontado

b) Montaje y desmontaje de la cimbra y de sus elementos auxiliares

Estas actividades son de la misma naturaleza en la mayor parte de los casos no difiriendo en general de las de montaje de cualquier estructura metálica formada por subconjuntos más pequeños a unir.



Desmontaje de cimbra

Las fases de estas actividades son:

- Colocación de apoyos provisionales (en los casos que sean precisos).
- Premontaje y montaje de ménsulas
- Premontaje de paquetes.
- Montaje de traviesas de reparto y nivelación.
- Montaje de vigas, cerchas y celosías principales.
- Montaje de estructura de encofrado.
- Montaje de encofrado exterior.
- Montaje de Plataformas y barandillas.
- Montaje de encofrado interior.
- Montaje de instalaciones hidráulicas y eléctricas.

En todas estas fases es muy importante que en su descripción se refleje claramente el orden secuencial de cada una de ellas y los elementos que son necesarios tener montados antes de comenzar el montaje de los siguientes. Es muy importante mantener el orden para no producir inestabilidades y evitar riesgo de vuelco o colapso.

Igualmente es recomendable durante el montaje que haya una relación clara de los pesos de los distintos elementos a montar, así como un estudio de la estabilidad de la cimbra durante las distintas fases hasta completar el montaje.

Entre otras recomendaciones de carácter más general podemos citar las siguientes:

- Prever la zona de montaje próxima a la de acopio y en óptimas condiciones de espacio, orden y limpieza.
- Comprobar que el radio de acción del brazo de la grúa bate la zona asegurándose que no hay peligro de vuelco al transportar los equipos premontados.
- Asegurar la estabilidad posicional de las piezas a premontar así como la estabilización de paquetes premontados cerciorándose que llevan el arriostamiento interno necesario.

- Asegurar de colocar correctamente los cilindros hidráulicos en los bastidores con sus correspondientes complementos y de que los cilindros de elevación están en posición cerrada.
- Cuidar la conexión de los enchufes rápidos de los latiguillos hidráulicos, haciéndolas sin presión en el circuito.
- Las pasarelas irán dotadas de pasamanos, rodapié y larguero intermedio con la resistencia y dimensionado marcado por la ley.
- La cimbra deberá llevar las pasarelas necesarias para garantizar el movimiento de los operarios en las condiciones de seguridad que marcan la ley.
- Utilizar las herramientas manuales adecuadas a cada trabajo y en buen estado.
- Estabilizar cualquier elemento que se esté montando si presenta riesgos de caída.
- Dar las órdenes precisas al gruísta, dirigiéndole una sola persona, utilizando para guiar al gruísta equipos de radio si fuera necesario.
- Utilizar las plataformas elevadoras dentro de los límites para los que están fabricadas.
- Cesar temporalmente la actividad si las condiciones climatológicas así lo recomiendan

c) Operaciones de la cimbra relativas a su movimiento

A este respecto lo más importante a destacar en este punto es que **el mayor riesgo de esta actividad es no seguir el procedimiento de lanzamiento de la cimbra**, que debe estar perfectamente definido y particularizado para cada cimbra en concreto.

Deberá dotarse a las cimbras autolanzables de alarmas sonoras que adviertan de cualquier maniobra que suponga desplazamiento de cualquiera de sus componentes.

A continuación se relacionan las operaciones de la cimbra relativas a su movimiento, citándose alguna recomendación de carácter general.

No se explicita la secuencia de fases y operaciones de cada movimiento por ser éstas específicas de cada cimbra y tener que, incluí-

blemente, estar descritas con el mayor grado de detalle posible en el procedimiento de cada cimbra.

- Operaciones previas al descimbrado
 - Comprobación de la central hidráulica y conexiones de las mangueras.
- Descimbrado
 - Comprobar que no existen interferencias que obstaculicen la bajada de la cimbra.
 - Comprobar, en la mitad del recorrido de los gatos de descenso y antes de continuar, que el encofrado central se ha despegado del tablero.
- Apertura
 - Suspender la actividad cuando las condiciones atmosféricas se degraden hasta tal punto que dificulte el trabajo de los operarios o se ponga en peligro la estabilidad de los conjuntos portaencofrados.
 - Nunca se realizará la operación de apertura si la velocidad del viento es superior a la definida en las bases de cálculo y en el manual de operación.
 - Es conveniente la instalación de una señal sonora que avise cuando se realiza esta operación.
- Avance de la cimbra
 - Comprobar que las alarmas sonoras de desplazamiento funcionan adecuadamente.
 - Comprobar que no existe ninguna interferencia que obstruya el avance.
 - Comprobar que las retenidas, cuando son elementos independientes y necesarios, están convenientemente colocadas.
 - Comprobar el equipo de tiro.
 - Utilizar como retenida un dispositivo de capacidad sobrada.

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

- Tener en cuenta la pendiente del avance para la correcta colocación y posicionamiento de dispositivo de retenida así como su procedimiento de utilización.
- Es conveniente la instalación de una señal sonora que avise cuando se realiza esta operación.
- Cierre y ajuste
 - Comprobar que los cilindros de ripado transversal están en su posición. Dejar las retenidas con holgura, cuando son independientes y han de funcionar simultáneamente al avance, para el desplazamiento y comprobar la limpieza y engrase de las vías de deslizamiento.
- Elevación y puesta a cota de la cimbra
 - Comprobar previamente el recorrido de los husillos y la ausencia de fugas de la instalación hidráulica.
 - Comprobar especialmente el centrado de los cilindros de elevación en los cordones de las vigas y su verticalidad.
- Remates, colocación de tapas laterales y de ajuste de pila, etc.
- Avance de las ménsulas (para cimbras bajo tablero)
 - En el caso de utilizar grúas para las maniobras de retirada y colocación se comprobará la capacidad portante del terreno.
 - Estrobar por los puntos destinados al efecto de forma que la ménsula esté nivelada cuando se encuentre en suspensión de la grúa.
 - Utilizar siempre una plataforma de trabajo en la pila desde donde actuar con todas las protecciones colectivas adecuadas.
- Montaje del sistema de cuelgue
 - Comprobar el correcto nivelado apoyo de los gatos hidráulicos mediante mesetas en el tablero que aseguren un correcto aplomado.
 - Comprobar que no existe interferencia entre las barras de pretensar para el cuelgue con ningún otro elemento (tablero, celosía, etc.), para asegurar que trabajan a tracción pura.

d) Operaciones de la cimbra relativas a la ejecución del tablero

Las operaciones asociadas a la ejecución de tablero son las siguientes:

- Encofrado exterior e interior
- Ferrallado
- Hormigonado
- Tesado
- Desencofrado



Transporte de encofrado interior

Estas operaciones se suelen realizar de forma muy parecida a las de otras tipologías de tableros, por lo que sus riesgos son fácilmente identificables y comunes entre sí.

Las diferencias más importantes vienen motivadas por la utilización de medios auxiliares específicos, como pueden ser: carros de extracción de encofrados, pórticos sobre neumático, plumines de hormigonado, etc.

En el caso de utilizar estos medios merecerán capítulo especial en el Plan de Seguridad, siendo además fundamental la formación de los operarios que los manejen.

7.3. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD DE CARÁCTER GENERAL

7.3.1. Riesgos

Como se comento al principio, en los apartados anteriores se han reseñado los riesgos específicos inherentes al trabajo con cimbra y se han dado algunas recomendaciones comunes a todas las cimbras, bien es cierto que cada una de ellas deberá incluir en su manual de procedimiento las correspondientes según su diseño.

Además de estos riesgos existen otros correspondientes a los trabajos de construcción más generales y que se refieren al resto de actividades y de equipos que son necesarios simultanear con la cimbra para conseguir los objetivos propuestos.

Entre estos riesgos podemos citar:

- Atropello por maquinaria y/o vehículos en obra
- Punzonamiento con objetos punzantes
- Contactos eléctricos
- Contactos térmicos
- Inhalación, contacto o ingestión de sustancias nocivas
- Exposición a radiaciones
- Explosiones, incendio
- Ruidos
- Polvo y proyección de partículas

En general, podemos afirmar que estos riesgos son inherentes a actividades y utilización de maquinaria y de medios auxiliares comunes con todo tipo de obra.

7.3.2. EPI's y Protecciones Colectivas

En cuanto a los equipos de protección individual, pueden ser:

- Casco
- Botas de seguridad
- Gafas para soldar y de hormigonar
- Guantes

- Arnés
- Ropa adecuada de trabajo
- Protector acústico
- Mascarilla buco-nasal con filtro adecuado
- Cinturón anti-lumbago

Y las protecciones colectivas:

- Señalización
- Balizamiento
- Vallas normalizadas
- Redes de seguridad
- Barandillas
- Líneas de vida

7.3.3. Plan de emergencia

De forma breve, solamente citaremos que es imprescindible un plan de emergencia y de evacuación que contemple de forma específica el trabajo con la cimbra autolanzable, designando además un responsable para poner en práctica las medidas de emergencia previstas quien tendrá que tener de forma constatable formación suficiente para tal menester.

Obviamente en lugar claramente visible se deberá exponer una hoja informativa de los pasos a seguir en caso de producirse un accidente así como de los teléfonos de emergencia más necesarios: Bomberos, Ambulancia, Hospital más cercano, Policía nacional o autónoma, Guardia Civil, Mutua de accidentes de trabajo, Jefe de seguridad/ Técnico de seguridad de la obra.

Entre las medidas de emergencia previstas para casos de accidente, deberán establecerse además, la siguiente cadena de socorro.

- Protección de no afectados
- Avisos a responsables
- Socorro de las víctimas

7.3.4. Normas generales de Seguridad

Citamos simplemente algunas de las que deben tenerse en cuenta en cualquier tipo de obra y que en el Trabajo de cimbras puede tener más importancia dada la limitación de espacio y la situación de la misma

a) Orden y limpieza

- Apilar objetos pequeños dentro de recipientes
- No colocar materiales en zonas de tránsito
- Retirar los desechos a medida que se van produciendo
- Recoger de inmediato las tablas con clavos, etc.
- Guardar ordenadamente los materiales y herramientas
- No obstruir las vías de evacuación

b) Manejo de herramientas y útiles manuales

- Usar la herramienta adecuada a cada trabajo
- Conservar la herramienta en buenas condiciones
- Proteger filos o puntas
- Llevarlas en carteras fijadas en la cintura o bandolera
- Guardarlas ordenadamente

c) Izado de cargas

- Equipos manejados por personal cualificado, con formación específica y autorizados para ello
- Las cargas siempre sujetas por dos eslingas como mínimo
- Ganchos con pestillo de seguridad
- Elementos auxiliares (cables, eslingas) en perfecto estado
- Se prohíbe la permanencia de personal bajo carga suspendida
- Nunca se dejará una carga suspendida sobre un lugar de trabajo o de paso.
- Nunca se efectuarán maniobras con cargas suspendidas con vientos fuertes.
- Prohibido transportar personal en los aparatos de elevación de cargas
- Cuando el maquinista pierda la visión de la carga y su trayectoria un auxiliar (y sólo uno) le dará las instrucciones precisas.

d) Manejo manual de cargas

- Al mover cargas llevarlas con el cuerpo equilibrado
- Evitar doblar la espalda y efectuar giros bruscos
- Adoptar posición lo suficientemente segura con independencia de estar sujeto con el arnés

7.3.5. Formación/Información

Antes o en el momento de su incorporación al trabajo en obra, cada componente del equipo de montaje recibirá adecuada y concreta instrucción sobre su cometido específico a realizar, y una clara explicación sobre los riesgos específicos que éste puede entrañar.

Así mismo se le hará conocedor de las normas de comportamiento que serán exigibles en su cometido.

Si durante el proceso de su actividad, algún operario tuviera que cambiar el tipo de trabajo, se le instruirá según se ha detallado en el párrafo anterior, antes que acometa la nueva tarea.

Toda la formación e información impartida se debe constatar documentalmente.

7.4. SEGURIDAD ESTRUCTURAL. CONTROL

Las consecuencias de un fallo estructural son imprevisibles. Las medidas de prevención de riesgos son poco eficaces si se produce un fallo estructural. Por tanto, la condición de seguridad estructural es previa a todo lo indicado en el presente capítulo.

La seguridad estructural está afectada por diferentes agentes y factores y se encuentra tratada en el resto del documento. Como factores generales se puede destacar:

- El adecuado proyecto de la cimbra y su interacción con la estructura permanente.
- El respeto al Manual de Operaciones
- Control de materiales y procesos en fabricación

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

- Control de recepción de materiales y montaje con revisión y documento que lo acredita
- Centralización de decisiones en el responsable en obra de la cimbra.
- Control del adecuado funcionamiento mediante medición de flechas y reacciones en gatos.
- Registro de cronología de la cimbra con datos de puentes realizados
- Registro de incidencias
- Registro de modificaciones realizadas como respuesta a imprevistos ocurridos en obra

8.

Recomendaciones de buena práctica

8.1. ELECCIÓN DE LA CIMBRA AUTOLANZABLE

En el anejo 1 se ordenan los diferentes tipos de cimbras autolanzables con las ventajas e inconvenientes de cada tipo. En ocasiones es necesario elegir entre varias cimbras que cumplen los requerimientos principales (luces, cargas, radio de curvatura, etc.). Es difícil dar criterios objetivos para la elección de la más apropiada. Además, en general en la elección influye de manera determinante la mayor disponibilidad o el mejor conocimiento de una de las cimbras por parte del equipo que la manejará.

Las fases de hormigonado de la sección transversal del tablero es una de las primeras decisiones a tomar. Esta es una decisión que además tiene repercusión en el cálculo del propio puente. Otros factores a tener en cuenta son la vía de suministro de materiales, por ejemplo algunas cimbras sobre tablero dificultan el movimiento de paneles pre-armados de ferralla debido a los cuelgues.



Teóricamente para cada caso existe un tipo de cimbra autolanzable más adecuado

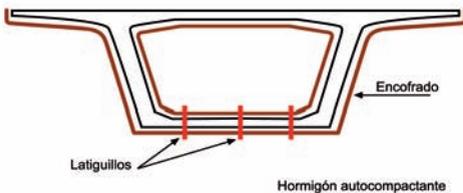
El radio mínimo del trazado en planta de la estructura también es un factor a tener en cuenta, en principio, las cimbras sobre tablero permiten radios menores.

8.2. RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO DEL TABLERO

En el cálculo del tablero es necesario tener en cuenta las fases del hormigonado de la sección transversal, por lo que la iteración entre el proyecto del puente y las características de la cimbra es importante. Por otra parte el hormigonado parcial de las secciones del tablero puede venir condicionado por limitaciones en la capacidad de la cimbra o por necesidades de la forma de realizar el encofrado interior.

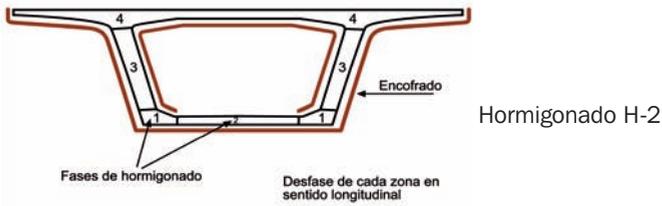
Las alternativas más habituales son las siguientes:

- H-1. Hormigonado a sección completa en una tongada. Con la evolución de los superfluidificantes cada vez se extiende más el uso de hormigones autocompactantes. En ese caso la losa inferior debe tener contraencofrado y el molde se llena de una vez. Las presiones sobre los encofrados son muy altas y especialmente el empuje de flotación sobre el encofrado interior puede ser muy elevado.

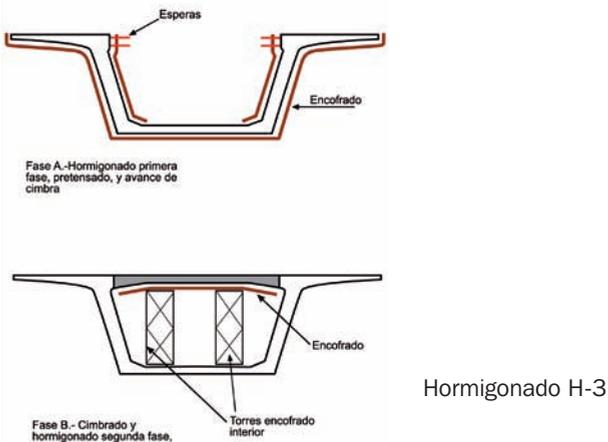


Hormigonado H-1

- H-2. Hormigonado a sección completa. Es la forma más habitual de hormigonado. En este caso la losa inferior no suele tener contraencofrado, por lo que el proceso de hormigonado comienza por el nudo entre el alma y la losa inferior. Posteriormente, se hormigona la losa inferior con un hormigón con consistencia suficiente para que la presión hidrostática de las almas no lo mueva. Finalmente se hormigonan las almas y la losa superior. Este sistema debe tener desfasadas las diferentes zonas de forma que no haya endurecido una zona cuando se está hormigonando otra.

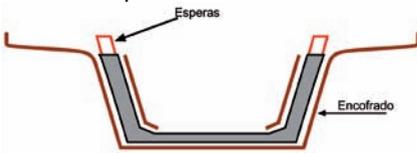


- H-3. Hormigonado de toda la sección salvo la parte superior del cajón, en primera fase. En este proceso se hormigona incluso las alas, y tras alcanzar la resistencia necesaria se introduce un pretensado y se avanza la cimbra. El hormigonado del techo del cajón se realiza con puntales apoyados en la losa inferior, una vez avanzada la cimbra. Este proceso debe tener un claro reflejo en el cálculo del puente, quedando claras cada una de las fases del proceso.

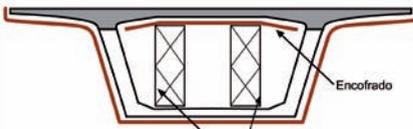


- H-4. Hormigonado de la losa inferior y alas, en primera fase. Sin avanzar la cimbra y una vez endurecida la primera fase se hormigona el resto. Para encofrar el techo del cajón se suele utilizar un sistema de puntales. El problema que se debe estudiar en este caso es que el peso de la segunda fase se realiza sobre una estructura compuesta por la cimbra y la sección en U de hormigón que supone la primera fase. Como esta sección en U puede ser muy rígida se llevará una parte importante de las cargas por lo que puede ser necesario la introducción de un primer pretensado. Tanto en el

proceso H-3 como en éste, cabe la alternativa de hormigonar la losa superior mediante prelosa.



Fase A.-Hormigonado de losas inferiores y almas y pretensadas de primera fase. No se mueve la cimbra



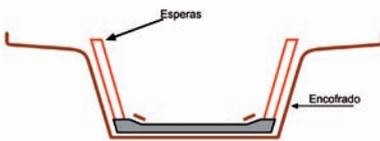
Fase B.- Cimbrado del techo y hormigonado segunda fase, Torres encofrado interior

Hormigonado H-4

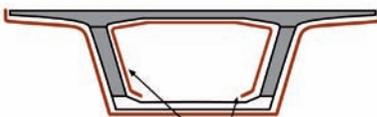
- H-5. Hormigonado de la losa inferior en primera fase. En este caso aunque habría que estudiar el mismo problema indicado en el punto anterior, la rigidez de la estructura de hormigón es muy baja y podrá resistir deformaciones de la cimbra sin apenas fisurarse, aunque dependerá si se incluye en esta fase el nudo o no. Por otra parte si se deja el nudo para la segunda fase se aumentan las dificultades en el hormigonado de éste.

Los procesos H-3, H-4 y en ocasiones el H-5 requieren un estudio desde el proyecto del puente.

Algunas recomendaciones generales para el proyecto del puente son:



Fase A.-Hormigonado de losa inferior. No se mueve la cimbra

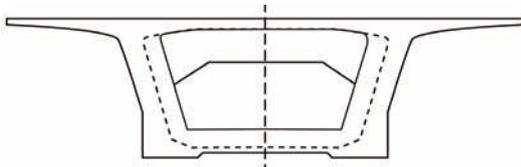


Fase B.- Mover el encofrado interior, y completar la sección. Pretensado

Hormigonado H-5

RECOMENDACIONES DE BUENA PRACTICA

a) En el proyecto del diafragma se debe dejar espacio suficiente para el paso del encofrado interior. Es posible realizar regruesamientos de las almas (si es posible incluso hacia el exterior) y losas de forma que configuren un diafragma suficientemente rígido. También es posible dejar la ejecución de parte del diafragma para una segunda fase una vez el encofrado interior haya pasado. Esto tiene el inconveniente de que será necesario dejar una gran cantidad de manguitos de conexión de armaduras.



Diafragma para permitir el paso del encofrado interior

b) Es recomendable definir todos los diafragmas de pila de las mismas dimensiones, tanto los huecos de paso, como los espesores del mismo, como los huecos de descenso a la pila.

c) En el caso de cimbras sobre tablero es importante no olvidar las ventanas mínimas necesarias en las alas del tablero para el paso de las barras de cuelgue.

d) Si el tablero tiene varias secciones transversales distintas (cambios en la sección interior) es conveniente que los cambios de sección se realicen a distancias enteras y múltiplos del mismo número, con objeto de poder modular el encofrado interior.

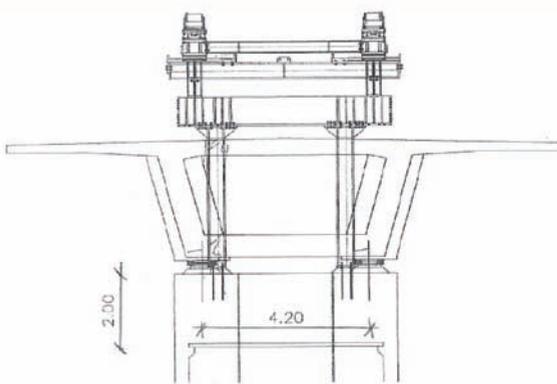
e) En el establecimiento de las luces del tablero es conveniente para la cimbra que el primer vano extremo a ejecutar tenga una luz equivalente a la distancia entre la junta de un vano intermedio y la siguiente pila (en general esto es aproximadamente $4/5$ de la luz intermedia).

f) Siempre que no existan impedimentos, los estribos deben dejar pasar la cimbra, por lo que se debe prever su ejecución en dos fases. En el caso de estribos abiertos una solución es hacer tres fustes de forma que el central

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

soporte el tablero hasta ejecutar el resto del estribo. Esto evita tener que montar la cimbra en posiciones de mayor riesgo.

g) Para la colocación de las mesas de apoyo en pila, en el caso de cimbras sobre tablero, se debe prever un espacio entre los aparatos de apoyo y teniendo en cuenta las dimensiones longitudinales de la pila, que permita introducir los pilares de la mesa con facilidad (ver dibujo adjunto).



Apoyo para cimbra
sobre tablero

h) En el caso de pilas cajón, a veces es necesario dejar pasos de hombre que posibiliten la unión de los perfiles de las jácenas de apoyo. En ese caso será necesario dejar espacio también para el desmontaje de andamios interiores.

i) Prestar especial atención a la localización de taladros y ventanas de paso necesarias para el cuelgue posterior. Tanto el peralte como la pendiente longitudinal puede tener influencia en la localización de los mismos.

j) Igualmente, se comprobarán los puntos de transferencia de cargas desde la propia viga al voladizo del tablero.

k) En la definición de pilas y capiteles se debe tener en cuenta la compatibilidad geométrica con las jácenas o ménsulas que dan apoyo a la cimbra así como las cargas que esta transmite.

RECOMENDACIONES DE BUENA PRACTICA

l) Disponer la distribución de los cajetines de pretensado de manera tal que permitan la modulación de los paños interiores y una fácil industrialización del proceso constructivo.

m) En el caso de disponer un sistema de pretensado con conectores en la junta, se debe estudiar el procedimiento para asegurar el correcto hormigonado de esa zona. Unas soluciones posibles son:

- Regruesar el alma para permitir la entrada del hormigón a través de los conectores.
- La disposición de ventanas intermedias para introducir la manguera de hormigonado.
- La utilización de hormigones autocompactantes.

n) Estas recomendaciones no son necesarias en el caso de disponerse un detalle mediante cruce de cables.



Nervios para
cruce de cables

o) Tesado en varias fases: Especificar desde el proyecto los tendones de pretensado necesarios para el descimbrado, edad y resistencia de cada fase de hormigonado, de forma que durante el resto del tesado se puedan realizar las distintas maniobras de apertura, descenso.

- p) En ocasiones la flexibilidad de la cimbra ha de tenerse en cuenta en el proyecto del tablero. Dos efectos a tener en cuenta son:
- a. Cuando se hormigona el tablero, la cimbra baja con una flecha importante debido a su flexibilidad. Cuando se introduce el pretensado, el tablero sube mucho menos ya que es más rígido, por lo que el peso del tablero sigue estando en la cimbra en su mayor parte. Esto puede producir una fisuración por exceso de pretensado.
 - b. En los casos en la que la sección transversal del tablero se hormigona por fases, la cimbra se deforma por la carga introducida en la segunda fase pudiendo fisurar el hormigón de la primera.
- q) Es recomendable estudiar la geometría de la zona de anclajes de pretensado con las dimensiones de los dispositivos (cilindros de tesado) para ponerlos en carga para que no interfieran con el encofrado de la cimbra que, en muchos casos, no podrá retirarse para tesar.
- r) Los chaflanes de la sección transversal, tanto los de la losa superior como los de la inferior, mejorarán la calidad del acabado cuanto más verticales y cortos sean, impidiendo así la retención de burbujas de aire en el hormigonado. En cualquier caso en el estudio del hormigonado se estudiará la posibilidad de colocar respiraderos y la utilización de hormigones autocompactantes.
- s) Para evitar movimientos durante la ejecución del tablero, en los viaductos en los que en el estribo y primeras pilas construidas se dispongan apoyos deslizantes, se deberá hacer un anclaje provisional al estribo, que se eliminará una vez realizado el anclaje definitivo.
- t) Los tacones para apoyos en el tablero pueden sustituirse por cuñas metálicas unidas a la parte superior del apoyo.
- u) En el estribo de llegada (al que llega la cimbra en su avance) es conveniente proyectar el diafragma con las mismas dimensiones que el de las pilas, para permitir la salida del encofrado interior. Esto es fundamental en hormigonados a sección completa. (tipo H-1 y H-2)

v) El armado de la primera fase del estribo para la ejecución del primer vano debe incluir todos los detalles y refuerzos para el apoyo de la cimbra.

8.3. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE LA CIMBRA

Cada nueva aplicación de una cimbra debe incluir un proyecto específico. Si esa cimbra ha ejecutado otros puentes es conveniente que se incluya una relación de estos con sus características.

La seguridad en las cimbras se puede mejorar sensiblemente aplicando en el proyecto los dos conceptos siguientes:

- Duplicación de elementos esenciales que sean particularmente sensibles. Existen elementos esenciales en la estabilidad de la estructura, cuyo fallo llevaría al colapso de ésta. En estos casos debería haber mecanismos redundantes u otros elementos de forma que redistribuyan las cargas y eviten el colapso. Este tipo de elementos son, por ejemplo, las barras que sirven para el cuelgue trasero y las del apoyo en pilas, para los que se suelen usar barras de pretensar.
- Enclavamiento de operaciones no permitidas. Se deberían proyectar, dentro de lo posible, sistemas que impidan físicamente aquellas operaciones o movimientos no permitidos. Estos enclavamientos serán preferiblemente mecánicos como topes o fines de carrera.

El proyecto debe incluir un Manual de Operaciones donde se definan todas las maniobras con detalle.



Cerchas para soporte del encofrado exterior

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

Se debe limitar el máximo desfase de cuchillos o baterías longitudinales, para ello se preverán sistemas que eviten o impidan el error humano.

Los límites y condiciones para avances y ripados deben estar claramente expresados en los planos del manual de operaciones. Es conveniente un control de reacciones y fuerzas horizontales mediante el registro de presiones en el sistema hidráulico que avise cuando se rebasan los límites fijados en el proyecto. En el proyecto se estudiarán con especial cuidado, para las fases de movimiento, los estados límites de equilibrio y rotura en cada una de las posiciones.

Se dispondrán topes transversales en las ménsulas que impidan que durante un ripado o avance, las vigas longitudinales pierdan apoyo.

En los elementos de regulación para absorber pendientes y peraltes se habilitarán los elementos necesarios para que las cargas resultantes no tengan componente horizontal, salvo que se diseñen con capacidad para absorberla.

En algunos casos, es conveniente establecer un doble sistema de retenida durante el desplazamiento y su posterior posicionamiento.

Es conveniente que además del cálculo de deformaciones de la cimbra para estimar contraflechas, se haga una comprobación de las flechas durante la ejecución de los primeros vanos. En ocasiones las deformaciones pueden variar sensiblemente respecto el valor teórico. Esto debería quedar reflejado en la documentación de la cimbra para futuros usos.

En la definición de las cerchas transversales para soporte del encofrado exterior, que tengan capacidad de apertura y abatimiento, se estudiará con especial cuidado todas las uniones, puntos de apoyo sobre cuchillos y elementos de ajuste mecánico para evitar la formación de mecanismos.

Las uniones de los elementos principales serán tales que no permitan holguras usando uniones pretensadas. En algunos casos se pueden diseñar las uniones de las diagonales de la celosía con los cordones mediante bulones ajustados sin holguras.

RECOMENDACIONES DE BUENA PRACTICA

Los elementos que reciban la acción de barras pretensadas conviene que sean dimensionados con una acción de cálculo al menos igual a la carga de rotura de la barra.

En el encofrado se habilitarán los espacios para el tesado de tendones, teniendo en cuenta las dimensiones del gato e interferencia con otros elementos.

Es importante el estudio detallado de las ventanas a dejar en los encofrados interiores para el hormigonado, fundamentalmente en las zonas de anclaje del pretensado y en la losa superior en el caso de hormigonados a sección completa.

En ocasiones las cimbras autolanzables necesitan torres auxiliares con apoyo al suelo. Son especialmente peligrosos los apoyos en pendiente o cerca de escalones del terreno. Todos los pies derechos de una torre deben tener condiciones de rigidez en el apoyo semejantes. Es muy importante revisar las condiciones de cimentación inmediatamente antes de realizar el hormigonado y garantizar que no va a sufrir asientos superiores a los permitidos por la estructura.

Se aconseja que los gatos, que deban permanecer en cargas, tengan bloqueo mecánico.

8.4. RECOMENDACIONES PARA LA OBRA

El responsable en obra de la cimbra será una persona con presencia permanente y capacidad técnica suficiente para decidir ante cualquier incidencia si se detiene una operación para consultar o no (ver anejo 2). Podrá estar asesorado en estas funciones por otro técnico de mayor experiencia con presencia discontinua en la obra.

En las obras con frecuencia hay que resolver situaciones imprevistas, el responsable en obra de la cimbra basándose en el Manual de Operación decidirá qué debe hacerse y si es necesario consultar al proyectista de la cimbra.

El Manual de Operación debe ser conocido y respetado por el personal de la obra. En caso de que se detecten errores contradicciones o directrices que no sea posible cumplir se le comunicará al autor del proyecto de la cimbra para su corrección o adenda. Las modificaciones que se realicen sobre el montaje

MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

La operación de la cimbra se reflejará en su documentación previo conocimiento del autor del proyecto de la cimbra.

Tras la recepción del material y tras el montaje se realizarán sendas inspecciones cuyo resultado será firmado por persona física.

Es importante el estado de conservación del material de la cimbra. Los daños suelen ser por oxidación, golpes, deformaciones, etc. Los problemas no suelen estar relacionados con fenómenos de fatiga ya que el número de ciclos de carga suele ser bajo, sino con la manipulación descuidada de las piezas en el montaje, desmontaje, y transporte.

En caso de la necesidad de instalar torres de apoyo se revisará la cimentación por un técnico competente. En caso de realizar calzos de apoyo de madera o perfiles se realizarán cruzando cada capa respecto la anterior. Los calzos de madera se utilizarán de forma eventual y con alturas muy limitadas. Los perfiles metálicos serán rigidizados y la altura estará limitada por razones de estabilidad. En general los calzos deberán estar previstos en el proyecto de la cimbra.

Las uniones a realizar en obra en general serán atornilladas, en caso de soldaduras se controlarán al 100%. Las uniones atornilladas se controlarán según lo indicado en el proyecto. Las barras de pretensar y los TAR son especialmente sensibles a golpes, corrosión y picaduras de soldadura.

Debería preverse el espacio necesario para el montaje y así como los accesos necesarios.

Durante las operaciones de avance y hormigonado se tomarán fuerzas en gatos y flechas comprobándose que están dentro de los márgenes marcados por el proyecto.

Antes del avance o de la apertura de encofrados deben chequearse los puntos críticos según el proyecto. Especialmente se revisarán las jácenas de pila donde se vaya a apoyar así como los topes laterales sobre las que se avanza.

Todo el personal deberá tener claras cuales son las fases del avance y los máximos desequilibrios permitidos. Son muy recomendables las medidas

RECOMENDACIONES DE BUENA PRACTICA

que impidan o eviten el error humano. Durante los primeros avances se comprobará que no hay interferencias entre elementos principales o auxiliares, corrigiendo y registrando el problema en caso de que exista.

Antes del hormigonado se comprobarán los elementos como el cuelgue trasero las jácenas de pila, la estanquidad de encofrados etc. Se verificará también que el esquema de apoyos corresponde a lo indicado en proyecto (por ejemplo, apoyo en gatos en vez de carretones)

En el primer hormigonado se comprobará que los medios auxiliares han sido suficientes y los accesos y ventanas los necesarios para una correcta compactación del hormigón. Se comprobará también que la trabajabilidad del hormigón ha sido la correcta.

Durante la ejecución de pilas y estribos se cuidarán los elementos que sirven de apoyo a la cimbra para asegurar su posición dentro de las tolerancias marcadas por el proyecto

Deberá comprobarse que las armaduras de espera no interfieren con encofrados interiores u otros elementos.

En la medida de lo posible, es recomendable evitar maniobras singulares de montaje y desmontaje fuera de los trasdoses del estribo.

ANEJO 1.TIPOS DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

1. ANEJO 1.TIPOS DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

Se trata de cimbras utilizadas para el hormigonado de tableros ejecutados vano a vano, y habitualmente hiperestáticos. La estructura principal está formada por celosías (o en ocasiones de alma llena) metálicas longitudinales que soportan el encofrado de un vano. Se apoyan en las pilas mediante ménsulas metálicas (ocasionalmente también en torres auxiliares) y en el extremo del puente ya construido. Sirven así mismo como plataforma de trabajo y protección durante la realización de los trabajos de ferrallado pretensado etc. Debido al carácter de estructura con capacidad para moverse, es muy importante el estudio de su cinemática examinando las posiciones más críticas.

Las cimbras autolanzables pueden ser, según su posición:

- Cimbra bajo tablero. En este caso las vigas longitudinales principales se sitúan debajo del tablero a construir, y el encofrado se apoya en las vigas longitudinales a través de elementos transversales que reproducen la sección transversal del tablero. En este tipo se debe resolver la interferencia con las pilas durante el avance de la cimbra. Para ello existen varios sistemas como el ripado transversal de las vigas longitudinales, o el abatimiento del encofrado en su parte inferior, o una combinación de ambos. La disposición de cimbra bajo tablero tiene la ventaja de dejar la parte superior libre para la introducción de la ferralla prefabricada, lo cual es esencial para conseguir un rendimiento óptimo.
- Cimbra sobre tablero. En este caso las vigas longitudinales se sitúan por encima del tablero del que cuelgan barras que soportan las vigas donde se apoya el encofrado. Los apoyos se hacen en las pilas dejando ventanas en el tablero. La principal ventaja de este sistema es que permite trabajar en estructuras con gálibo estricto. Además permite la ejecución de tablero con menores radios que en el caso de la solución anterior. La principal desventaja es la interferencia que suponen los cuelgues en la colocación de ferralla prefabricada, aunque existen soluciones con los cuelgues por fuera de la sección del tablero.
- Según el sistema de ejecución del tablero se pueden clasificar en:

- cimbras autolanzables para hormigonado in situ.
- cimbras autolanzables para dovelas prefabricadas vano a vano. En este caso sobre las vigas principales longitudinales se colocan carros sobre los que apoyan (o cuelgan) las dovelas.
- Desde el punto de vista del tipo de sección del tablero a hormigonar existen importantes diferencias en el funcionamiento de las cimbras:
 - Sección cajón. Es la que habitualmente se dispone para las mayores luces de esta tipología (desde 40 a 60 m). Tiene la dificultad de que el avance del encofrado interior se ve interrumpido por los diafragmas de pilas y por los nervios destinados al anclaje del pretensado.
 - Sección de losa aligerada. Usada habitualmente para luces entre 30 y 40 m. En este caso los aligeramientos no son encofrados sino que en general se disponen de porespan, por lo que no tiene el problema del caso anterior. La desventaja es que la estructura resulta poco aligerada por lo que sólo se dispone en las luces menores de esta tipología.
 - Sección en PI. En este caso no existe encofrado interior y la sección resulta muy ligera. El problema de esta sección es su reducida cabeza de compresión en la zona de momentos negativos, lo que puede resolverse: sobredimensionando el canto, aumentando la resistencia característica del hormigón, o disponiendo nervios más anchos aligerados con porespan. En el caso de disponer riostras en las pilas o salientes para el anclaje del pretensado, surge el problema del paso del encofrado inferior por esos obstáculos.
 - Sección binervada. Es una variante de la anterior en la que cada uno de los nervios es más grueso y a su vez se aligera. De esta manera se aumenta la cabeza de compresión en la zona de negativos.
- Los elementos de cada una de estas cimbras suelen ser (en cimbras bajo tablero):
 - Las vigas longitudinales, habitualmente son celosías para disminuir su peso. En pocas ocasiones se disponen estructuras metálicas con alma llena, para tomar fuertes cortantes. Existen también modelos articulados para fuertes curvaturas.

TIPOS DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

- Vigas transversales y encofrado. Reproducen la forma transversal del tablero, y debe estudiarse su paso a través de las pilas.
- Encofrado interior. En general es replegable y pasa a través del diafragma de pila después de haber colocado la ferralla del vano siguiente.
- Ménsulas de apoyo. Son estructuras metálicas que abrazan las pilas y dan apoyo a las vigas longitudinales durante el avance mediante unos carretones y durante su posición de hormigonado mediante unos gatos.
- Cuelgue trasero. Habitualmente se trata de tableros hiperestáticos, por lo que la unión entre dos fases se realiza en la zona de menores momentos flectores (entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{5}$ de la luz).
- Habitualmente la cimbra se monta en una explanada preparada al efecto situada detrás de uno de los dos estribos y se avanza a la posición de hormigonado de la primera puesta, donde queda hormigonado el primer vano y la parte correspondiente del segundo. El paso de la cimbra puede interferir con la construcción del estribo, por lo que en ocasiones éste se construye en dos fases.
- El proceso de construcción de cada vano suele seguir las siguientes fases:
 - Avance de la cimbra y posicionado después de la ejecución del vano anterior. La parte posterior se cuelga del extremo del tablero ejecutado anteriormente. De esta manera los movimientos del extremo del tablero durante el hormigonado no causan discontinuidades con el hormigón del siguiente vano. Se apoya además en las siguientes pilas mediante jácenas metálicas.
 - Corrección de contraflechas, cuando sea necesario.
 - Ferrallado del tablero. En secciones cajón se realiza el ferrallado de la losa inferior y de las almas, posteriormente se avanza el encofrado interior que ha quedado retrasado en el vano anterior. Finalmente se ferralla la losa superior del cajón y los voladizos. Durante las operaciones de ferrallado se han de montar las vainas y dar continuidad al pretensado con los conectadores. Para un óptimo rendimiento hay que estudiar la mejor solución para la prefabricación de la ferralla.

- Hormigonado del tablero. Lo más habitual es el hormigonado completo de la sección del tablero en una sola fase. Sin embargo dependiendo de la capacidad de la cimbra es posible diseñar procesos distintos de hormigonado teniendo siempre en cuenta la deformabilidad de la cimbra (ver capítulo 8.1.).
- Introducción del pretensado, cuando el hormigón haya alcanzado la resistencia requerida.
- Avance de la cimbra por sus propios medios a la siguiente posición. Para realizar esta maniobra sin apoyos intermedios es necesario contar con una longitud cimbra de al menos el doble de la longitud del vano. Para salvar la pila se abren los cuchillos y se pueden abatir los fondos.
- El proceso descrito es el correspondiente al de cimbra bajo tablero. En este caso, hay que tener en cuenta que la cimbra suele ser recta y si el puente es curvo su radio debe ser suficientemente amplio para quedar apoyada en las jácenas en ambas pilas.
- El montaje y las operaciones iniciales requieren cierto tiempo (entre dos semanas y dos meses) por lo que este sistema es adecuado para tableros con un número suficiente de vanos. (En general se considera que se suele necesitar un mínimo de 7 u 8 vanos).
- Los aspectos de seguridad de los trabajadores se pueden cuidar más fácilmente al ser un proceso industrializado donde cada operario debe tener claras sus funciones. En el manual de operaciones debe figurar con suficiente claridad cuales son las operaciones permitidas y las prohibidas. Un buen sistema de seguridad implica enclavamientos que impidan las operaciones prohibidas, aun en el caso de error del operario.

**ANEJO 2. FUNCIONES A REALIZAR EN LA EJECUCIÓN
DE PUENTES CON CIMBRA MÓVIL**

2.FUNCIONES A REALIZAR EN LA EJECUCIÓN DE PUENTES CON CIMBRA MÓVIL

2.1. FUNCIONES

Las funciones que pueden ser desarrolladas a lo largo de la concepción, proyecto, montaje y utilización de una cimbra autolanzable, se enumeran a continuación.

En el cuadro que se incluye, se ha asignado una clave a cada función y se especifica para cada una, las entidades u organismos que, generalmente, estarán vinculados a la función definida. En la última columna se indica quien encarga esa función o trabajo.

CLAVE	Función o Trabajo	Organización que lo realiza	Organización que lo encarga
D – 1	Dirección de la obra	Promotor	Promotor
D – 2	Asistencia Técnica de obra. Control y vigilancia	Consultor	Promotor
A – 1	Proyecto del puente	Consultor	Promotor
C – 1	Jefatura de la obra	Contratista principal	Contratista principal
AC – 1	Proyecto original de la cimbra	Contratista principal o Subcontratista o Fabricante	Contratista principal o Subcontratista
CC – 1	Construcción de la cimbra original	Fabricante	Contratista principal o Subcontratista
AC – 2	Proyecto de adaptación de la cimbra	Contratista principal o Subcontratista o Fabricante	Contratista principal o Subcontratista
CC – 2	Construcción de la cimbra adaptada	Contratista principal o Subcontratista o Fabricante	Contratista principal o Subcontratista

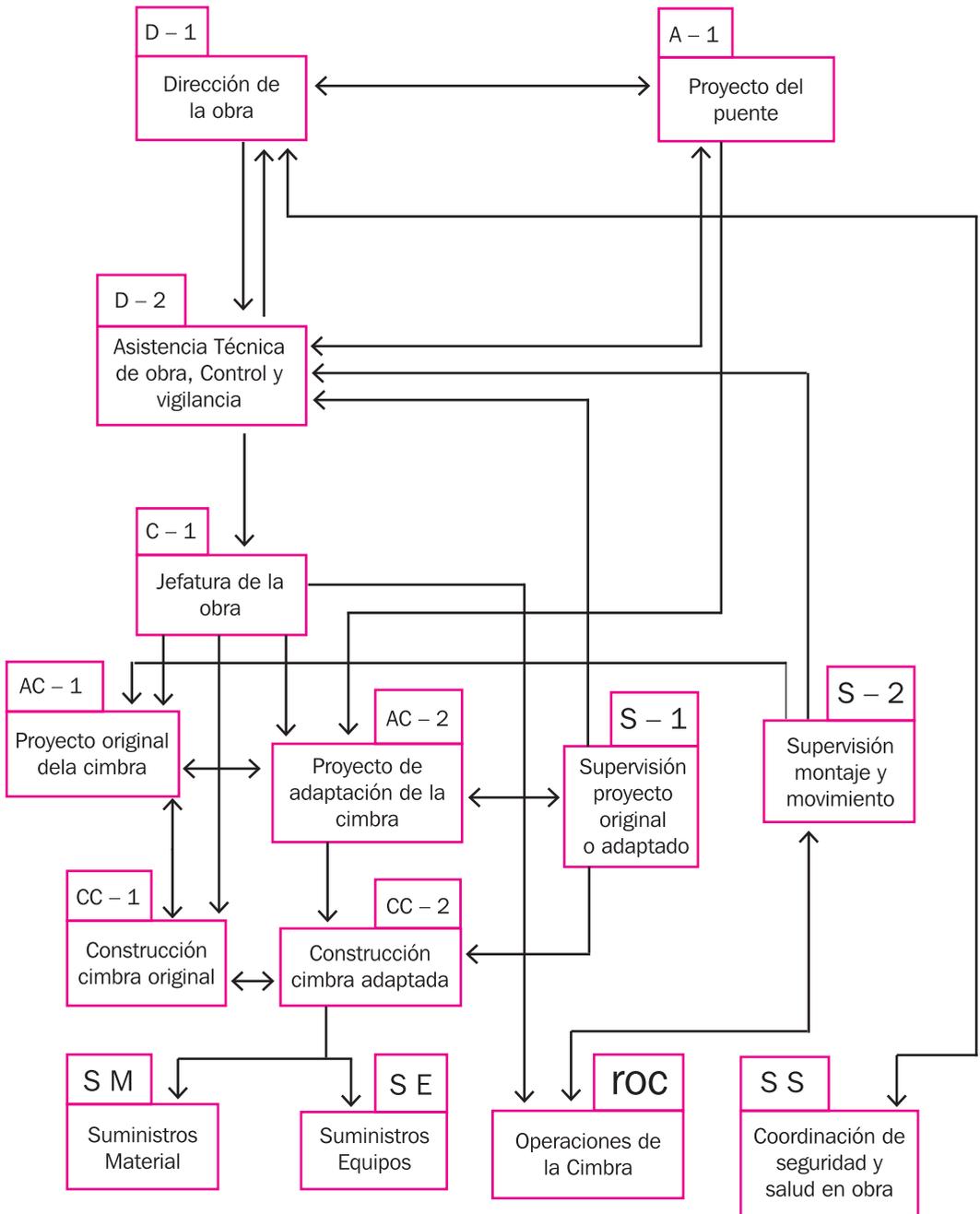
MANUAL DE CIMBRAS AUTOLANZABLES

ROC	Operaciones de la Cimbra	Técnico Especializado	Contratista principal o Subcontratista
S – 1	Supervisión del proyecto original o adaptado de la cimbra	Consultor	Contratista principal o Subcontratista
S – 2	Supervisión del montaje y movimiento de la cimbra	Consultor o Técnico especializado	Contratista principal o Subcontratista
S S	Coordinación de seguridad y salud en obra	Consultor o Técnico especializado	Promotor
S M	Suministros: Material (acero). Encofrados	Proveedor	Contratista principal o Subcontratista o Fabricante
S E	Suministros: Equipos complementarios (motores,...)	Proveedor	Contratista principal o Subcontratista o Fabricante

2.2. FLUJOGRAMA DE FUNCIONES

Las funciones indicadas en el apartado anterior pueden desarrollarse ordenadamente de acuerdo con un flujograma similar al que se incluye a continuación, que define la relación existente entre las diferentes funciones de las que consta el proceso.

FUNCIONES A REALIZAR EN LA EJECUCIÓN DE PUENTES CON CIMBRA MÓVIL



El presente flujograma se ha realizado considerando la máxima diversidad de actuaciones, siendo susceptible de modificaciones que concentren varias funciones en una sola, o incluso que se supriman en determinados casos. Así sería posible, por ejemplo:

- Unificar las funciones S-1 y S-2 en una sola
- Eliminar estas dos funciones traspasando su cometido a la D-2 (Asistencia técnica de obra. Control y vigilancia)
- Concentrar las funciones CC-1 y CC-2 en una sola que incluso puede llegar a ser desarrollada por el propio Contratista principal de la obra
- Proceder en forma similar a la anterior con las funciones AC-1 y AC-2

2.3. DESCRIPCIÓN DE ACTUACIONES PARA CADA FUNCIÓN

• **D-1. Dirección de obra. D-2 Asistencia técnica de obra -Control y Vigilancia.**

La Dirección de obra, y en su nombre la Asistencia técnica de Control y Vigilancia, debe exigir al Contratista principal y al Subcontratista en su caso:

- El proyecto de la cimbra autolanzable, adaptado a las características de la obra, firmado por un técnico con probados conocimientos en la ejecución de puentes y en los elementos auxiliares de construcción de estos y visado por el Colegio Profesional correspondiente, que garantice la competencia del técnico firmante en proyectos de cimbras.
- Los certificados de calidad de materiales y equipos utilizados en la construcción de la cimbra que deben aportar los correspondientes proveedores (SM y SE). En caso de que no existan estos certificados, lo que será normal en cimbras antiguas, se deberá aportar un historial de aplicaciones de la cimbra que garantice su buen comportamiento; adicionalmente podrán solicitarse algunos ensayos que permitan conocer la calidad de los componentes.
- La presencia en obra, con dedicación completa, de un técnico con la cualificación académica y profesional suficiente (ROC) para operar la cimbra, tanto durante el montaje y prueba como en los sucesivos

FUNCIONES A REALIZAR EN LA EJECUCIÓN DE PUENTES CON CIMBRA MÓVIL

- Avances y el desmontaje final. Este técnico comprobará y aprobará asimismo los anclajes y sujeciones antes de que la cimbra soporte el hormigonado del vano.
- **C-1 Jefatura de Obra en nombre del Contratista principal** exigirá, de los consultores o técnicos especializados S-1 y S-2, los correspondientes informes, emitidos por técnicos competentes, que acrediten que tanto el proyecto como el montaje han sido supervisados y encontrados conformes.
- **SS El coordinador de seguridad y salud** emitirá un informe sobre las medidas de seguridad que deben implantarse en las operaciones de montaje de la cimbra, en sus movimientos sucesivos y en las fases de fijación y hormigonado.
- La Dirección de obra recabará del Autor del Proyecto del puente (A-1), un informe sobre la capacidad de los elementos estructurales que deban soportar apoyos y cuelgues de la cimbra.

2.4. MEDIDAS QUE CONVIENE ADOPTAR

Desarrollo de manuales de proyecto y uso para elementos auxiliares de obra en la construcción de puentes, totalmente adaptados a la reglamentación técnica vigente en España y en la Unión Europea.

Estos manuales facilitarán el desarrollo de las funciones AC-1, AC-2 y S-1.

Desarrollo de manuales de procedimiento que regulen las operaciones de las cimbras autolanzables, (montaje inicial, movimientos sucesivos, desmontajes parciales, traslados y desmontaje final). Estos manuales, que deberán ser realizados por los proyectistas de las cimbras, facilitarán el desarrollo de las funciones ROC y S-2.

Desarrollo y puesta en marcha de cursos teóricos y prácticos, de especialización en elementos auxiliares de construcción, que permitan la debida capacitación de técnicos y operadores competentes en la materia. Los cursos facilitarán el desarrollo de las funciones AC-1, AC-2, ROC, S-1 y S-2.

ANEJO 3. DEFINICIONES MÍNIMAS EXIGIBLES EN PLANOS

3. DEFINICIONES MÍNIMAS EXIGIBLES EN PLANOS

3.1. GENERALIDADES

Con carácter general los planos correspondientes al Proyecto de la cimbra deberán contener la información suficiente (tanto de conjunto como de detalle) que permita definir, de forma completa e inequívoca, el objeto al que se refieren. La finalidad de dicha información gráfica, complementada por cuantas anotaciones sean precisas, será el empleo por un Técnico competente diferente al que redactó el Proyecto, sin una posterior intervención de éste, y sin encontrarse sujeta a interpretaciones subjetivas.

Debido a la complejidad inherente en el diseño de la cimbra, a las diferentes disciplinas y elementos involucrados, y a la interacción entre unos y otros, su definición, forzosamente, tendrá que ser más profunda y exhaustiva que la de otros elementos o productos empleados habitualmente en construcción.

Puesto que la información generada en el Proyecto deberá permitir la fabricación y el posterior montaje de la cimbra, su nivel de definición tendrá que ser mucho más completo y profundo que el que pudiera esperarse en el proyecto de cualquier otra estructura metálica, donde el desarrollo de los Planos Constructivos de Taller y su posterior aprobación pudieran complementar aquellos aspectos inicialmente no contemplados.

La presencia de elementos mecánicos, hidráulicos, eléctricos, electrónicos, así como el gran número de uniones estructurales o fijaciones y regulaciones para encofrados, pasarelas, accesos, etc. obliga a la exigencia de un nivel de definición completo, considerando reglajes, divisiones en bloques parciales, posiciones de uniones de fabricación y montaje, elementos de izado provisionales, etc.

3.2. UNIDADES Y SÍMBOLOS

Con preferencia sobre cualquier otro sistema de unidades, los planos emplearán en la definición de cualquier tipo de magnitud las unidades correspondientes al Sistema Internacional (S.I.). Debido a que estos planos deben ser comprendidos por personal poco familiarizado con algunas unidades del Sistema Internacional es conveniente la indicación en los planos de las equivalencias más comunes.

Las dimensiones de todos los elementos deberán acotarse en milímetros, incluyendo las tolerancias de ejecución, montaje o regulación precisas cuando sea necesario.

En los casos en que la forma de definición así lo exija (esquemas hidráulicos, eléctricos, electrónicos, etc.), el empleo de simbología deberá referirse a los criterios recogidos en las normas UNE o ISO en vigor, completando dichos símbolos con las anotaciones precisas que permitan una definición clara e inequívoca de cualquier elemento.

3.3. CONTENIDO DE LOS PLANOS DEL PROYECTO

El contenido de los planos del Proyecto de la cimbra deberá ser suficientemente descriptivo en sus aspectos generales y de detalle para permitir una exacta construcción y montaje del elemento al que se refieren. En particular, contendrán todos los detalles constructivos necesarios y, especialmente, la definición de cualquier dispositivo especial, como los de apoyo, enlace, traslación,...

Si el contenido de dicha documentación no contemplara el despiece de los diferentes elementos, deberán tener un nivel de definición gráfica que así lo permita, incluyendo las anotaciones y referencias para poder efectuarlos. A partir de esta definición podrán desarrollarse los planos o esquemas auxiliares de construcción o de taller, que deberán incluir en su sello o cajetín una referencia clara e inequívoca al Plano de Proyecto del que se deducen o al que complementan. Si esta definición fuera imprescindible para el montaje o futuras aplicaciones de la cimbra, deberán quedar incluidos,

DEFINICIONES MÍNIMAS EXIGIBLES EN PLANOS

después de la aprobación por el Autor del Proyecto, en una colección de planos definitiva (“as built”) que recoja la definición del elemento realmente construido.

Todos los planos dispondrán de cuadros de definición de materiales y especificaciones técnicas, con referencias a la normativa en vigor o, en su defecto, al Fabricante del elemento. Para ello, si fuera preciso, se recurrirá a la referencia por conjuntos, marcas o bloques, de manera que pueda definirse inequívocamente el elemento y el material al que se hace referencia.

Los planos mostrarán en su sello o cajetín expresamente al Propietario del elemento, al Autor del Proyecto, y a todos aquellos que hubieran revisado o aprobado el proyecto. El cajetín mostrará la fecha de emisión del plano, así como cualquier modificación y/o revisión producida a lo largo del desarrollo del proyecto con indicación de la fecha en que tuvo lugar.

3.4. DIVISIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

En ningún caso la definición de la cimbra quedará limitada a la correspondiente a la estructura de la misma. Debido a que su función involucra la presencia de otros elementos, la definición deberá integrar la presencia e interacción de los diferentes conjuntos, de una forma sistemática y clara que elimine cualquier posibilidad de error en su interpretación.

Puesto que el Proyecto de Construcción de la cimbra se tomará como base en sucesivas aplicaciones de la misma, y ésta puede quedar sometida a posteriores modificaciones a lo largo de su vida útil, se recomienda que la definición gráfica se estructure en bloques homogéneos, de acuerdo con la división que se propone posteriormente. Todos los bloques en que se divida la documentación gráfica quedarán recogidos en un documento de registro, el cual reflejará las diferentes divisiones así como el número de planos que componen cada bloque de definición y su estado de revisión. En particular, el cajetín o sello de identificación contendrá un número de plano y su referencia a la posición que ocupa en el bloque de definición,

mediante la indicación HOJA... DE..., o cualquier otra que pudiera lograr un efecto similar.

Los planos del Proyecto deberían considerar la definición de los siguientes elementos o bloques:

- Planos de conjunto o definición general. Corresponden al conjunto de definiciones gráficas complementadas por notas o referencias cruzadas a otros planos, documentos o normativa que permitan mostrar la definición general del conjunto. Podrán emplearse para efectuar la definición general de la cimbra, así como su forma de apoyo, enlaces, disposición e interacción con la estructura, pilas y estribos.
- Planos estructurales. Corresponden a la definición de la estructura general del cuerpo de la cimbra, de los pórticos de apoyo, sistemas de suspensión, etc. Como cualquier elemento estructural contarán con una definición completa de todos los elementos que lo forman, detalles constructivos generales y particulares, subdivisión en bloques, elementos de unión,...

Los planos contarán con la definición correspondiente a la calidad de los materiales elegidos, así como su referencia a la normativa empleada para su correcta especificación. Se recomienda que los planos incluyan los sistemas previstos de protección contra la corrosión, o, si no se hiciera así, establezcan una referencia al documento correspondiente.

La consideración de cuadros o listas de materiales y pesos, referida a las marcas de elementos y bloques se considera adecuada y útil para el empleo en sucesivas aplicaciones de la documentación del Proyecto, tanto en montaje como en proyectos posteriores.

Los detalles mostrarán una definición completa, estableciendo los espesores de garganta de soldadura, la preparación de los biseles elegida para las soldaduras de penetración, la definición de tornillos, calidad de los mismos, su longitud,... En particular, en el caso de uniones entre elementos estructurales propios de la cimbra, o entre elementos de la cimbra y la estructura de hormigón, los planos mostrarán el par de apriete o el esfuerzo de pretensado previstos en tornillos, elementos pretensados,

DEFINICIONES MÍNIMAS EXIGIBLES EN PLANOS

etc., así como los sistemas de protección temporal de las uniones, si esto fuera preciso.

Planos de sistemas eléctricos y electrónicos. Deberán contener toda la información precisa para la definición completa de los sistemas de alimentación eléctrica de los diferentes sistemas y equipos de la cimbra (hidráulicos, cabrestantes, monorraíles,...) así como las tomas auxiliares para vibradores, equipo de corte y soldadura,..., y para cualquier sistema electrónico de control o auscultación que pudiera existir. En particular, se considera recomendable la disposición de anemómetros en la cimbra, debiendo quedar definida la posición de los mismos en los planos.

La definición estará basada en esquemas claros y listas de materiales, con referencias en cuanto a sus características a la normativa en vigor o al Fabricante del elemento, potencias, intensidades,...

Puesto que el cuerpo de la cimbra deberá ser un elemento desmontable por necesidades de fabricación y transporte, los sistemas considerados deberán contemplar la división en tramos, así como su fijación a la estructura, quedando reflejados en los planos que deberán emplearse en el montaje.

Planos de sistemas mecánicos e hidráulicos. Será de aplicación en este caso todo lo indicado para los sistemas eléctricos y electrónicos.

Planos de sistemas de acceso y protección: pasarelas, escaleras, barandillas,... Todos los sistemas de acceso y protección del equipo humano contarán con una definición suficientemente detallada para proceder a la fabricación y montaje de los mismos, así como a su desmontaje para posibles reutilizaciones en otras actividades futuras de la cimbra. Contemplarán los detalles precisos para poder efectuar las uniones entre sí y a la estructura de la cimbra o encofrados con suficiente seguridad para desarrollar las funciones para las que fueron concebidas.

La definición de dichos elementos tendrá en cuenta detalles explícitos para la fijación de Elementos de Protección Colectivos tales como redes,

líneas de vida, rodapiés... si se consideraran necesarios en el contenido del Proyecto.

Planos de encofrado. La definición del encofrado mostrará el nivel adecuado para su fabricación e integración posterior en la cimbra, considerando la interacción que, por su función, pudiera tener con ella. En particular mostrarán en detalle los sistemas de unión, de nivelación y ajuste, así como cualquier elemento que permita su apertura y cierre y su fijación a la estructura.

Cuando sea preciso, contendrán las contraflechas de ejecución consideradas, la forma de lograrlas, así como la definición de las fases de hormigonado previstas para la obtención de las mismas, mostradas con suficiente definición y detalle tanto longitudinal como transversalmente.

Igualmente se considera necesario establecer sus relaciones con la definición correspondiente a los sistemas considerados para el acceso y protección del personal, sistemas hidráulicos de desencofrado (caso de existir), y sistemas de alimentación eléctrica para equipos de vibrado, sistemas de curado, suministro de armadura, gatos de tesado,...

Planos de fijación a la estructura de hormigón. Los elementos precisos para apoyo o traslación de la cimbra necesarios para el desarrollo de su función y que se encuentren relacionados con la estructura de hormigón que deberá fabricarse, contarán con un nivel de definición adecuado que permitan al Técnico competente designado por la Administración analizar su influencia y validar las hipótesis consideradas por el Autor del Proyecto de la cimbra. En particular definirán el tipo de embebidos precisos, ménsulas, consolas,... así como las solicitudes que pudiera introducir en ella y la posición de las mismas.

Los planos mostrarán posiciones, inclinaciones, ajustes, tolerancias, y cuanta información gráfica o escrita sea precisa para la validación del empleo de la cimbra. Los detalles tendrán un nivel de definición que permitan su fácil comprensión por parte de otros Técnicos no familiarizados con el funcionamiento de la cimbra, incluyendo posibles taladros y pasa-

DEFINICIONES MÍNIMAS EXIGIBLES EN PLANOS

cargas, morteros de nivelación, preparación de superficies,... que pudieran complementar un conjunto de cálculos justificativos y especificaciones.

Planos de movimiento y operación de la cimbra (“cinemática”). La necesidad de movimiento de la cimbra exige la definición clara y precisa de las fases y actividades necesarias para ello. El presente bloque de información gráfica definirá, de una forma clara y exhaustiva, cada una de las fases necesarias, estableciendo las dimensiones de avance preciso en cada uno de los tres ejes espaciales, así como los parámetros de deformación o reacciones previstos para el control del perfecto desarrollo de la maniobra.

Los planos contarán con acotaciones precisas a referencias fijas en cada una de las fases, tales como estructura existente, pilas o referencias externas. Igualmente indicarán a través de anotaciones o información gráfica inequívocas las posiciones del encofrado, equipos, sobrecargas máximas debidas a materiales que pudieran ser transportados, posición del centro de gravedad, etc.

Igualmente mostrarán la posición correspondiente a las situaciones de hormigonado, así como las fases consideradas con el mismo nivel de definición que las maniobras de traslación de la cimbra.

En cada fase considerada, los planos incluirán expresamente las solicitudes transmitidas por la cimbra a la estructura. En particular, debido a que la acción del viento pudiera resultar condicionante en las operaciones de la cimbra, los planos deberían incluir la siguiente información:

- Los límites máximos de la velocidad del viento permitidos para poder desarrollar las diferentes operaciones (movimiento y hormigonado), así como las medidas que deberían tomarse caso de ser superados.
- Las medidas de precaución a adoptar en caso de previsión de velocidades de viento consideradas en el Proyecto como excepcionales (arriostramiento de la cimbra, anclaje al tramo de estructura ya ejecutada, etc.), dejando constancia gráfica de la forma en que deberían llevarse a cabo.



CON LA COLABORACIÓN DE:

