

<<ENCOFRADO DESLIZANTE>>

CONSTRUCCIONES ESBELTAS DE HORMIGÓN ARMADO REALIZADAS CON LA TÉCNICA DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

- INFORMACIÓN TÉCNICA
- DESCRIPCIÓN Y DETALLES DEL SISTEMA
- HORMIGONES
- PROCEDIMIENTO DE TRABAJO
- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD
- PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL
- PLAN MEDIOAMBIENTAL
- INFORMES

AUTOR:

GONZALO GARCÍA SOBRINOS

EXDIRECTOR DE CONSTRUCCIÓN DE ALTERNATIVAS ACTUALES DE CONSTRUCCIÓN, SL (ALTAC)

EXPERTO EN CONSTRUCCIONES ESBELTAS DE HORMIGÓN ARMADO REALIZADAS CON LA TÉCNICA DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

FECHA: 23.03.2021

TFNO: +34 659 882 586

ÍNDICE

1. PROLOGO	4
1.1 INTRODUCCIÓN.....	4
2. TECNOLOGÍA DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	7
2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	7
3. DETALLES DEL SISTEMA	8
3.1 CONSTRUCCIONES DE SECCIÓN CONSTANTE.....	8
3.2 CONSTRUCCIONES DE SECCIÓN VARIABLE.....	10
3.3 CONJUNTO “TIPO” DEL SISTEMA DE ENCOFRADO DESLIZANTE	12
3.4 VARIANTES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO “TIPO”.....	15
4. PROYECTO DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	19
4.1 PROYECTO	19
4.2 NORMAS.....	19
4.3 GEOMETRÍA Y PRINCIPALES DIMENSIONES.....	19
4.4 MOLDE.....	19
4.5 ESTRUCTURA PORTANTE.....	20
4.6 TIPO DE EQUIPOS Y UNIDADES.....	20
4.7 PLATAFORMA DE TRABAJO – NIVEL PRINCIPAL (INTERIOR Y EXTERIOR).....	22
4.8 PLATAFORMA DE TRABAJO – NIVEL SUPERIOR (INTERIOR Y EXTERIOR)	22
4.9 PLATAFORMA DE TRABAJO – NIVEL INFERIOR O COLGANTE (INTERIOR Y EXTERIOR).....	23
4.10 EQUIPOS DE ELEVACIÓN	23
4.11 CARGAS DE LAS PLATAFORMAS DE TRABAJO.....	23
4.12 POTENCIA DE ELEVACIÓN.....	24
4.13 CARGAS DE VIENTO.....	24
4.14 TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES.....	24
4.15 VARIOS.....	25
5. MONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	26
5.1 MONTAJE.....	26
5.2 SUMINISTRO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO	28
6. HORMIGONES	29
6.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	29
6.2 ENSAYOS PREVIOS.....	30
6.3 HORMIGONADO CON TIEMPO NORMAL o caluroso.....	31
6.4 HORMIGONADO CON TIEMPO FRÍO O MUY FRÍO.....	33
7. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO - DESLIZAMIENTO	37
7.1 COMPROBACIONES ANTES DEL INICIO DEL DESLIZAMIENTO	37
7.2 INICIO DE LAS TAREAS DE HORMIGONADO	38
7.3 PRIMER IZADO DEL MOLDE	38
7.4 ENCOFRADO DESLIZANTE PRIMEROS METROS	38
7.5 PLASTICIDAD DEL MURO	39

7.6 VELOCIDAD DEL DESLIZAMIENTO	39
7.7 VERTIDO DE HORMIGÓN EN EL MOLDE	40
7.8 VIBRADO DEL HORMIGÓN	40
7.9 ARMADURAS	41
7.10 RECUBRIMIENTO DE LAS ARMADURAS	42
7.11 TRATAMIENTO SUPERFICIAL / CURADO POSTERIOR	42
7.12 LIMPIEZA DE PLATAFORMAS Y DE LOS PANELES DEL MOLDE	42
7.13 ENCOFRADO DE HUECOS EN EL FUSTE O MUROS	42
7.14 ACOPIO DE MATERIALES	43
7.15 MOLDE VACÍO	43
7.16 PLATAFORMA INFERIOR (COLGANTE).....	43
7.17 ACCESO ENTRE PLATAFORMAS	43
7.18 MANTENIMIENTO CONTÍNUO DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	43
7.19 DESLIZAMIENTO EN CONDICIONES ADVERSAS (TORMENTAS, VIENTO, ETC.)	44
7.20 PARADAS DURANTE LAS TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	44
7.21 PARADAS DE EMERGENCIA	44
7.22 DESMONTAJE DE LAS BARRAS DE TREPADA.....	45
7.23 DOCUMENTACIÓN	45
7.24 FINALIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO	45
7.25 DESMONTAJE DE TODO EL SISTEMA.....	45
7.26 ÁREA DE SEGURIDAD DURANTE EL DESMONTAJE.....	47
7.27 TRABAJO A TURNOS	48
8. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN	49
8.1 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	49
8.2 CONTROL DE CALIDAD DEL SISTEMA DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	51
8.3 CONTROL DE VERTICALIDAD DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	52
8.4 DIARIO DEL DESLIZAMIENTO	53
9. PREVENCIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL	54
9.1 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL	54
9.2 ÁREA DE SEGURIDAD.....	56
9.3 PROCEDIMIENTO DE EVACUACIÓN Y RESCATE	57
10. PLAN DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	60
10.1 PLAN DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	60
11. INFORMES MENSUALES Y DE FINAL OBRA	61
11.1 INFORMES DE SEGUIMIENTO OBRA.....	61
11.2 INFORME FINAL DE OBRA.....	61
11. BIBLIOGRAFÍA.....	62
11.1 REFERENCIAS.....	62

1. PROLOGO

1.1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es divulgar la tecnología del encofrado deslizante para la construcción de estructuras esbeltas de hormigón armado, indicando en que consiste e identificando todos los elementos del sistema, teniendo en cuenta también, las características de los hormigones y sus mejores condiciones de puesta en obra.

Esta tecnología se puede considerar como una herramienta constructiva fundamental, para realizar proyectos de grandes alturas, con la máxima garantía de calidad, rapidez de ejecución y seguridad laboral.

Las construcciones de hormigón armado que emplean la tecnología del encofrado deslizante vertical son habitualmente estructuras con alturas importantes, principalmente comprendidas entre 30 y 300m (aprox.), aunque se pueden alcanzar alturas superiores si el proyecto lo requiriese.

El sistema del encofrado deslizante se emplea principalmente para la construcción de:

- Aerogeneradores.
- Cajas de Escalera o Ascensor.
- Chimeneas Industriales.
- Depósitos de Agua.
- Faros.
- Núcleos de hormigón.
- Pilas para Viaductos o Puentes.
- Pozos.
- Silos Bicamerales y Multicelulares.
- Silos Cilíndricos y Poligonales.
- Tanques de GNL.
- Torres de Comunicaciones.
- Torres de Equilibrio.
- Torres Solares.
- Etc.

Este sistema constructivo ofrece grandes ventajas sobre otras alternativas que, utilizan encofrados tradicionales, trepadores o de cualquier otro tipo.

Las principales ventajas demostradas son:

- Menor tiempo de construcción.
- Gran calidad constructiva.
- Eliminación de juntas frías.
- Monolitismo y uniformidad del hormigón.



- Mejor acabado.
- Menor coste de ejecución.
- Mayor seguridad en el trabajo.

No obstante, el encofrado deslizante es una técnica constructiva muy exigente, que requiere de equipos profesionales con mucha experiencia para poder garantizar la calidad final, combinando correctamente todas las actividades del proceso como:

- Fabricación y colocación en el encofrado del hormigón más idóneo para el deslizamiento con tiempo caluroso o frío, garantizando su calidad y las características del mismo definidas en el proyecto.
- Ajustar la velocidad del deslizamiento con la velocidad de fraguado del hormigón, para que el trabajo pueda ser continuo las 24 horas del día, no teniendo interrupciones, evitando así, la posibilidad de que pueda pegarse el molde al muro de hormigón.
- Vibrado del hormigón.
- Montaje de las armaduras horizontales y verticales del muro/s y, refuerzos suplementarios.
- Montaje en el molde de placas embebidas y encofrados para huecos (puertas, ventanas, huecos para balizas, etc.).
- Montaje de las barras de trepada o extracción de las mismas para nueva colocación.
- Maniobras de reducción o apertura de la geometría de la construcción y de los espesores de muro.
- Controles de verticalidad de la construcción.
- Control y corrección de giro del encofrado.
- Curado del hormigón una vez que sale por debajo del molde y tratamiento del mismo si fuese necesario.

En definitiva, la tecnología del encofrado deslizante solo puede ser aplicada por empresas altamente especializadas, que utilicen habitualmente este sistema constructivo, manejado y manipulado por técnicos y operarios muy especializados en él mismo.

Esta tecnología nació a principios del siglo XX para la construcción de silos en EE.UU. hacia 1.903. En Europa también se empezó por la ejecución de silos, en 1.924, y enseguida se extendió a otros tipos de construcciones, como depósitos elevados de agua, faros o pilas de puentes. En España los primeros ensayos se realizan a finales de los años cuarenta y su primera aplicación fue también para la construcción de silos de grano. En la década siguiente se comercializaron sistemas patentados para deslizar cualquier construcción en altura de sección recta constante. Las grandes chimeneas industriales se empezaron a construir, en nuestro país, con el sistema del encofrado deslizante, en 1.966, y desde entonces el sistema ha permanecido como el método más generalizado, si no exclusivo, para su construcción.



En el año 2.005, la tecnología del encofrado deslizante se emplea por primera vez a nivel mundial, en la construcción de la primera Torre solar de concentración por receptor, que se realizó en España (planta solar PS10 / altura torre: 115,00m / Sanlúcar la Mayor-Sevilla) ⁽¹⁾. Posteriormente se construyó la segunda Torre con la misma técnica (Planta GEMASOLAR / altura torre: 145,70m / Fuentes de Andalucía-Sevilla) ⁽²⁾. También se utilizó en la construcción de la Torre de la primera planta solar comercial de EE.UU. (CRESCENT DUNES / altura torre con receptor: 197,48m / Tonopah-Nevada) ⁽³⁾ y sucesivamente se ha venido utilizando en otros países como: South Africa (KHI SOLAR ONE / altura torre: 200,00m / Upington) ⁽⁴⁾, Israel, Chile, etc., donde se han construido Torres para plantas solares similares a las ya indicadas.

(1)



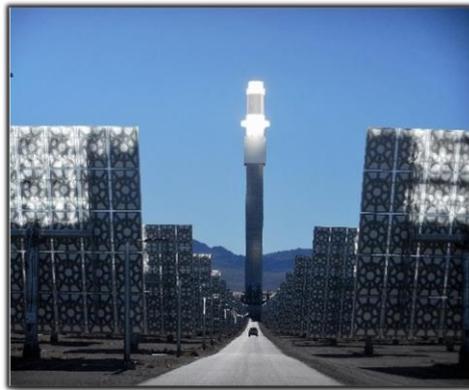
(2)



(3)



(3)



(4)



(4)



2. TECNOLOGÍA DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La tecnología del encofrado deslizante se mantiene invariable hasta nuestros días en su principio básico, consistente en un molde (puede ser de paneles de madera o metálicos), con una altura aproximada de 1,25m, que configurará una sección monolítica de hormigón vertida en él, de forma continua, según se va elevando verticalmente dicho molde.

El molde se eleva automáticamente mediante un sistema



hidráulico, que transmite

impulsos de elevación desde una electrobomba automática y programable, a los gatos hidráulicos instalados en los yugos del mismo. Los gatos son el dispositivo de elevación y de retenida en altura del conjunto del encofrado deslizante, mediante un sistema interior de juegos de mordazas, que abrazan, trepan y se acuñan alternativamente en las barras de trepada. Los gatos de elevación suben por las barras de trepada que pasan por su interior. En cada impulso de elevación, el molde y el conjunto solidario de todo el

sistema, ascienden aproximadamente 2,5cm de altura. Con la combinación de diferentes ciclos de elevación se consigue la velocidad necesaria para un correcto deslizamiento del hormigón armado.

El sistema requiere de un estudio y planificación previa exhaustiva, ya que la conjunción de las diferentes actividades, combinadas con el proceso de fraguado del hormigón, junto con el ritmo de trabajo continuo (24hrs/día), lo convierten en algo complejo, que solo puede ser desarrollado por especialistas cualificados en esta técnica. También es necesario realizar un control de calidad intenso y constante durante todo el sistema constructivo.



3. DETALLES DEL SISTEMA

3.1 CONSTRUCCIONES DE SECCIÓN CONSTANTE *(1)

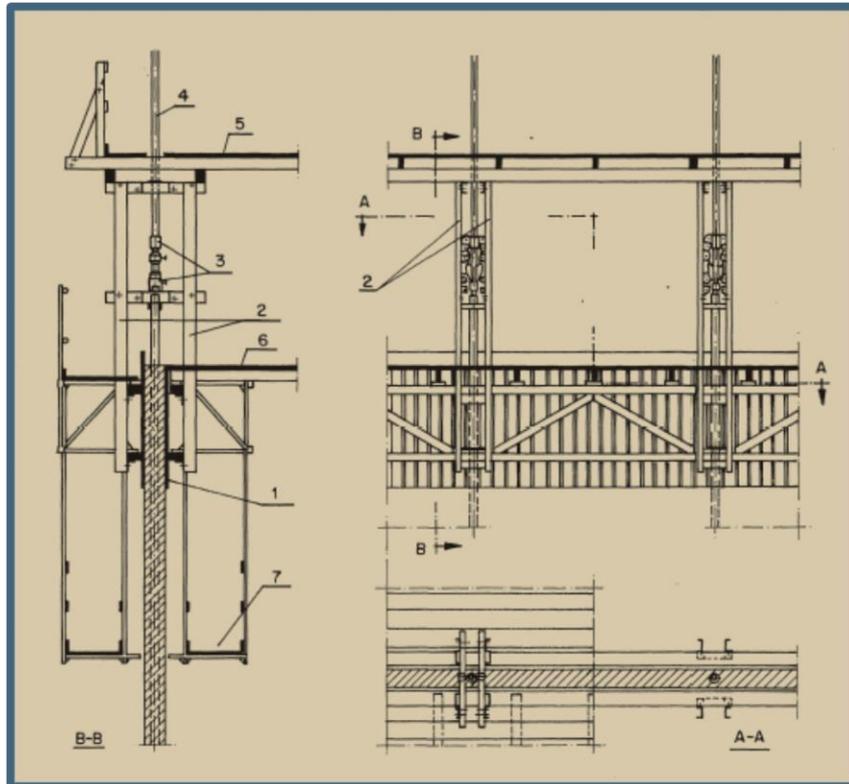


Figura 1.- Encofrado Deslizante para Construcciones de Sección Constante.

En la tabla siguiente se describen los principales elementos que componen el encofrado deslizante para construcciones de sección constante y su función, indicados en la Figura 1.

POSIC.	TIPO DE ELEMENTO	FUNCIÓN
1	Molde. Puede ser de paneles de madera forrados con chapa en acero cromo zinc de 0,75mm, por las caras que estarán en contacto con el hormigón, y también de paneles metálicos. Tiene una altura aproximada de 1,250m.	El molde configura la sección de hormigón correspondiente. Tiene la misión de deslizarse contra el hormigón que hemos colocado en su interior, dándole la forma requerida, mientras se produce el proceso de fraguado del mismo.
2	Yugos metálicos.	Las dos partes del molde quedan unidas y rigidizadas por los yugos metálicos. También sirven para fijar los gatos de elevación en los mismos.
3	Gatos de elevación. Tienen una capacidad de carga variable según necesidades, siendo los más habituales de: 3,00Tn / 6,00Tn y 22,00Tn.	Son el dispositivo de elevación vertical del conjunto del encofrado deslizante, mordiendo y subiendo por las barras de trepada, acuñándose en estas para retener en altura el sistema.
4	Barras de trepada. Estas son recuperables, de acero calibrado de diferentes Ø	Son el elemento que soporta todo el sistema del encofrado deslizante. Apoyadas en la cimentación de la construcción, los

	dependiendo de la capacidad de los gatos. Suelen tener una longitud de 4,0m y se conectan entre si mediante sistema roscado.	gatos de elevación trepan por ellas, sirviendo también para que las mordazas que incorporan estos, retengan en altura el conjunto del encofrado deslizante.
2-3-4	Puesto de elevación. El conjunto de Yugo, Gato de elevación y Barra de trepada, constituye un puesto de elevación. Se dispondrá del número de puestos de elevación necesarios en todo el perímetro del encofrado deslizante, conforme a lo que defina el proyecto, teniendo la suficiente capacidad portante para sustentar todo el sistema, en función de la construcción a realizar.	En cada puesto de elevación se fijan tres plataformas diferentes de trabajo. <ul style="list-style-type: none"> - Plataforma superior. - Plataforma intermedia. - Plataforma inferior o colgante. En algunos casos constructivos, como silos de gran diámetro y poca altura, solo se montan dos plataformas de trabajo (6+7).
5	Plataforma de trabajo superior.	Se utiliza para el montaje de la armadura vertical de la parrilla interior y exterior del muro. También se emplea para el montaje de las barras de trepada o el desmontaje de las mismas (durante la construcción, para optimizar el número de barras a utilizar, pueden realizarse recuperaciones progresivas de las mismas, que se vuelven a montar).
6	Plataforma de trabajo intermedia o principal.	Desde esta plataforma se realiza principalmente el vertido continuo del hormigón al molde. Se colocan las armaduras horizontales de la parrilla interior y exterior del muro. Se efectúa el trabajo de vibrado del hormigón, y se controlan los gatos de trepada y otros mecanismos de control.
7	Plataforma de trabajo inferior (Colgante).	A medida que se eleva el molde y el hormigón aparece por debajo de este, sirve para controlar la calidad del mismo y realizar repasos o trabajos de fratasado si fuesen necesarios. También sirve para aplicar los productos de curado del hormigón.

Tabla 1.- Principales Elementos del Encofrado Deslizante para Construcciones de Sección Constante.

3.2 CONSTRUCCIONES DE SECCIÓN VARIABLE *(1)

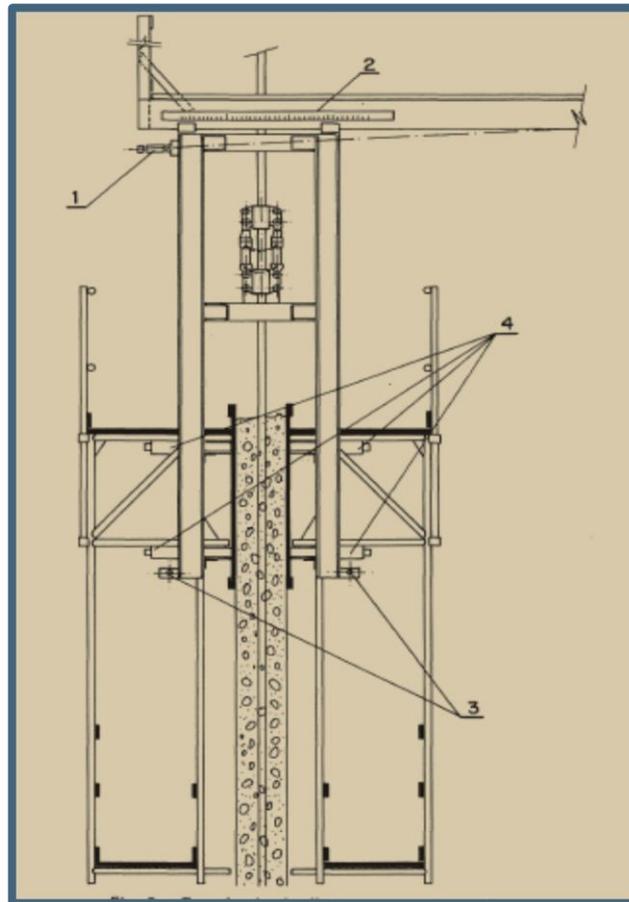


Figura 2.- Encofrado Deslizante para Construcciones de Sección Variable.

En la tabla siguiente se describen los principales elementos adicionales del encofrado deslizante para construcciones de sección variable y su función, indicados en la Figura 2.

POSIC.	TIPO DE ELEMENTO	FUNCIÓN
0	Molde. Será de paneles metálicos. Tiene una altura aproximada de 1,250m.	Tiene la misma función indicada en la Tabla 1. En construcciones de sección variable, los paneles serán fijos y flotantes, pudiendo estos últimos, montarse y desplazarse radialmente sobre los fijos, para conseguir la variación dimensional prevista.
1	Tensores de reducción. También pueden utilizarse gatos hidráulicos horizontales para construcciones con mucha conicidad o reducción.	Están colocados en la parte superior de los yugos. Permiten reducir progresivamente la geométrica de la construcción. Dependiendo del tipo de construcción, también se pueden utilizar gatos hidráulicos horizontales, montados sobre la guía del recorrido de los yugos, para facilitar las maniobras de reducción.
2	Regleta de reducción.	Sirve para controlar la reducción progresiva de la geométrica de la construcción.

3	Tensores tangenciales.	Actuando sobre ellos se realiza una disminución perimetral del encofrado, consiguiendo que los paneles flotantes del molde, monten y se cierren sobre los fijos.
4	Husillos para reducción de muro.	Sirven para conseguir el espesor de muro deseado.

Tabla 2.- Principales Elementos Adicionales del Encofrado Deslizante para Construcciones de Sección Variable.

3.3 CONJUNTO “TIPO” DEL SISTEMA DE ENCOFRADO DESLIZANTE

El conjunto “Tipo” del sistema de encofrado deslizante, se compone básicamente de:

- Estructura portante.
- Molde.
- Plataforma de trabajo nivel principal (interior y exterior).
- Plataforma de trabajo nivel superior (interior y exterior)
- Plataforma de trabajo nivel inferior o colgante (interior y exterior).
- Equipos de elevación (bombas, gatos hidráulicos y barras de trepada).
- Control de verticalidad.
- Control de giro del encofrado.
- Control de nivel.
- Sistema eléctrico e iluminación.
- Medios para transporte vertical de materiales.
- Medios para transporte vertical de personas.
- Accesorios.

Ver a continuación un esquema “Tipo” del sistema constructivo con el encofrado deslizante.

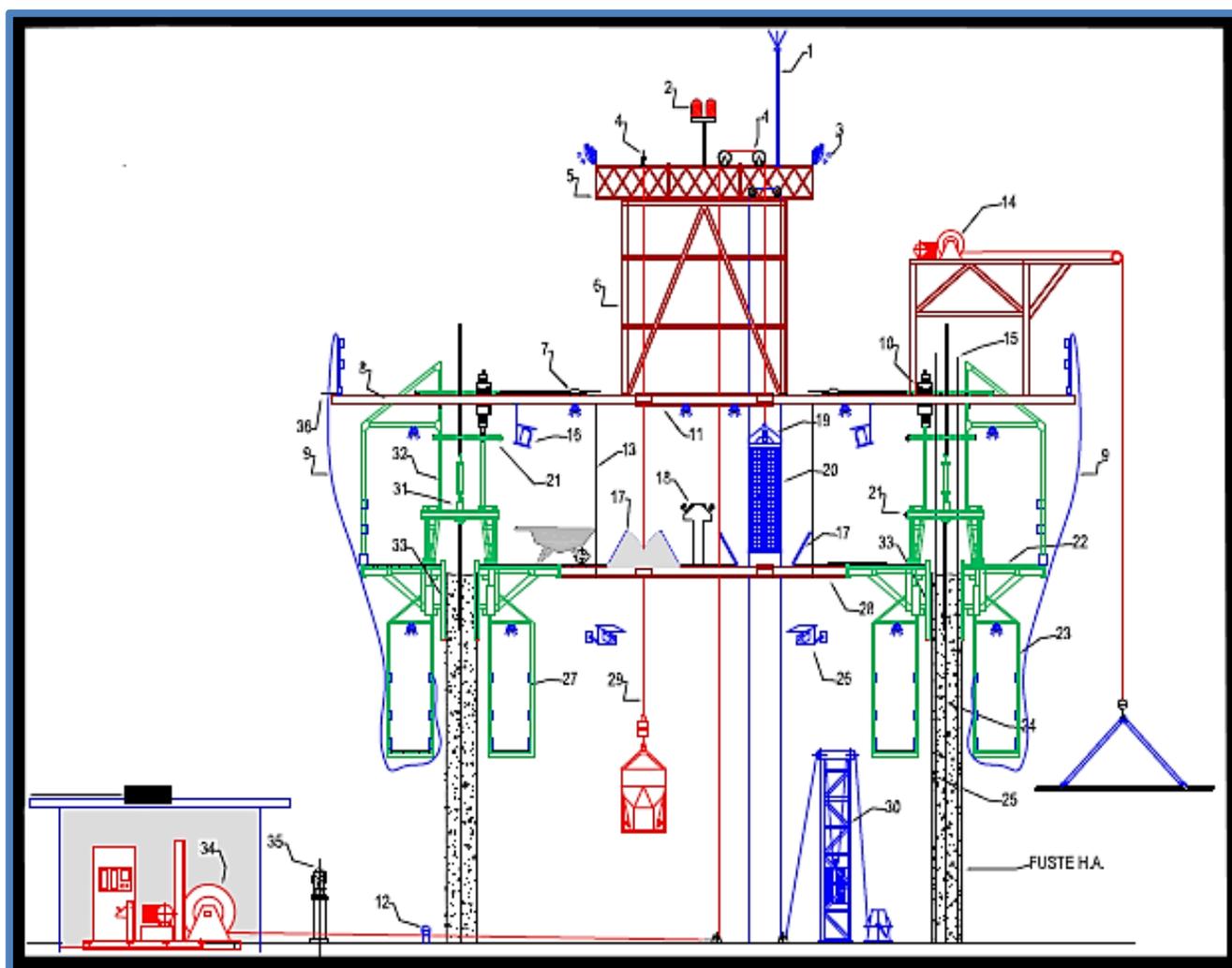


Figura 3.- Encofrado Deslizante – Sistema Constructivo “Tipo”.

En la tabla siguiente se describen los principales elementos del sistema constructivo “Tipo” del encofrado deslizante, indicados en la Figura 3.

POSIC.	TIPO DE ELEMENTO	POSIC.	TIPO DE ELEMENTO	POSIC.	TIPO DE ELEMENTO
1	Pararrayos.	13	Sujeción de Plataforma Intermedia o Principal (Interior).	25	Barras Acero Armaduras Horizontales.
2	Balizamiento Nocturno.	14	Cabrestante Eléctrico Exterior 1,0Tn. – Elevación Complementaria de Materiales.	26	Cámara Circuito Cerrado TV.
3	Alumbrado.	15	Barras Acero Armaduras Verticales.	27	Plataforma de Trabajo Inferior o Colgante (Interior).

4	Poleas de Reenvío del Sistema de Transporte Vertical.	16	Monitor Circuito Cerrado TV.	28	Plataforma de Trabajo Intermedia o Principal (Interior).
5	Celosía Soporte de Reenvíos y Accesorios.	17	Compuertas de Paso Transporte Vertical.	29	Sistema Transporte Vertical de Materiales.
6	Estructura Soporte de Celosía (Castillete).	18	Cuadro de Mando Exterior del Transporte Vertical.	30	Sistema Cables Guía Jaula-Cabina / Torre Tensora.
7	Gato Hidráulico de Reducción Diametral.	19	Paracaídas – Sistema de Seguridad Transporte Vertical Personas.	31	Equipo de Elevación / Gato Hidráulico.
8	Plataforma Superior de Trabajo.	20	Jaula-Cabina / Transporte Vertical Personas.	32	Pórtico.
9	Red de Seguridad.	21	Yugo-Pórtico.	33	Encofrado - Panel Molde.
10	Control de pendiente.	22	Plataforma de Trabajo Intermedia o Principal (Exterior).	34	2 Uds. Cabrestante Eléctrico Interior de 2,5Tn / Sistema Transporte Vertical / Velocidad Máxima (90m/min).
11	Estructura Portante.	23	Plataforma de Trabajo Inferior o Colgante (Exterior).	35	Puesto de Control de Verticalidad.
12	Rodillo Cable Flojo – Parada de Emergencia.	24	Barras de Trepada.		

Tabla 3.- Encofrado Deslizante – Principales Elementos del Sistema Constructivo “Tipo”.

3.4 VARIANTES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO “TIPO”

El sistema constructivo “Tipo” indicado anteriormente es susceptible de cambios dependiendo del tipo de construcción y altura de la misma. Seguidamente se indican algunas posibles opciones para adaptarse de forma más idónea y eficaz, a los tipos de construcción que se mencionan a continuación:

1.- Construcción de Silos (Otras Variantes del Sistema)

Teniendo en cuenta que los Silos suelen tener una altura aproximada entre 30,00m y 50,00m (aprox.), se pueden cambiar o sustituir algunos elementos del sistema, para optimizar la construcción:

a. Plataformas de trabajo:

Es habitual montar solamente dos plataformas, la principal y la inferior o colgante. La plataforma superior (Fig.3/Posic.8) de la opción “Tipo” no se suele instalar en este tipo de construcciones. Desde la plataforma principal se realizarán todas las tareas del encofrado deslizante y esta tendrá un ámbito de 1,5m (aprox.) en el exterior y también en el interior.



b. Sistema de transporte vertical de personas (acceso a la construcción):

No es necesario montar el cabrestante eléctrico de 2,5Tn o similar (Fig.3/Posic.20-34), ni los componentes de este sistema. Habitualmente se utiliza un castillete de andamio con escalera inclinada, que se irá montando durante la construcción, para acceder a la cota de trabajo de la misma.



c. Transporte vertical de materiales:

Generalmente en la construcción de Silos, se utiliza una grúa torre estacionaria autoestable, montada durante la fase de cimentación. Si el silo tiene un \varnothing superior a 30,0m (aprox.), es conveniente instalar dos grúas torres enfrentadas con plumas a distinto nivel. También puede utilizarse autobomba para el hormigonado continuo.



2.- Construcción de Chimeneas (Otras Variantes del Sistema)

En la construcción de Chimeneas industriales hasta alturas de 140,0-180,0m (aprox.), se puede cambiar o sustituir algunos elementos del sistema, para optimizar la construcción:

a. Plataformas de trabajo:

Se deben disponer las tres plataformas del sistema constructivo “Tipo”, pero estas pueden variar en función de las dimensiones de la construcción. Siempre permanecerá inalterable la plataforma inferior o colgante (Fig.3/Posic.23-27). La plataforma intermedia o principal (Fig.3/Posic.22-28) y la superior (Fig.3/Posic.8), podrán ser completas o parciales con respecto a la superficie interior de la planta de la construcción. En el supuesto de que la plataforma principal sea parcial,



la estructura o castillete (Fig.3/Posic.6) soporte del sistema de transporte vertical de personas y materiales, podrá apoyar sobre la estructura de la plataforma superior.

b. Sistema de transporte vertical de personas:

Hasta que se alcanza la altura de 10,0-15,0m (aprox.), se utiliza un castillete de andamio con escalera inclinada para el acceso a las plataformas de trabajo. Superada la altura indicada, se tendrá operativo el sistema de elevación con cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn y jaula-cabina (Fig.3/Posic.20-34) o similar.



c. Transporte vertical de materiales:

Para este tipo de construcción no es necesario instalar una grúa torre estacionaria. Hasta la altura de 10,0-15,0m (aprox.), se utiliza una grúa autopropulsada. Superada la altura indicada, se puede compartir para esta función, el sistema de transporte vertical de personas, suspendiendo un cubo de hormigón de 0,5m³ (capacidad mínima) de la jaula-cabina. Con el sistema de cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn o similar, pueden combinarse las dos actividades de transporte vertical de personas y la elevación de materiales (hormigón, armaduras, etc.). En Chimeneas de gran diámetro pueden instalarse dos o tres sistemas independientes de cabrestante eléctrico (Fig.3/20-29-34), para agilizar la elevación de personas y materiales.



También puede instalarse uno o varios cabrestantes eléctricos ligeros (capacidad de carga 1,0Tn) en la plataforma de trabajo superior, para independizar la maniobra de subida de las armaduras u otros materiales, realizándola por el exterior de la construcción, evitándose así, interferencias en el trabajo (Fig.3/Posic.14).

3.- Construcción de Torres (Otras Variantes del Sistema)

En relación con la Figura 3, para la construcción de Torres, bien sean solares o de comunicaciones, se pueden cambiar algunos elementos del sistema, para optimizar la construcción:

a. Plataformas de trabajo:

Siempre debe disponerse de las tres plataformas de trabajo del sistema constructivo "Tipo", pero estas pueden cambiar en función de las dimensiones de la construcción. Siempre permanecerá inalterable la plataforma inferior o colgante (Fig.3/Posic.23-27). La plataforma intermedia o principal (Fig.3/Posic.22-28), podrá ser completa o parcial con respecto a la superficie interior de la planta de la construcción (en construcciones con grandes vanos interiores será parcial para tener una estructura más ligera y menos costosa). La superior (Fig.3/Posic.8) también podrá ser parcial o completa, siendo más practica esta última, al disponerse de un amplio espacio para los acopios de materiales y poderse realizar el hormigonado desde la misma.



b. Sistema de transporte vertical de personas:

Hasta que se alcanza la altura de 10,00-15,00m (aprox.), se utiliza un castillete de andamio con escalera inclinada para el acceso a las plataformas de trabajo. Superada la altura indicada, se tendrá operativo el sistema de elevación con cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn y jaula-cabina (Fig.3/Posic.20-34) o similar.



c. Transporte vertical de materiales:

Habitualmente se utiliza una grúa torre estacionaria montada en la fase de cimentación. La grúa se irá arriostrando al fuste de la Torre según necesidades y avance en altura de la construcción. Durante los telescopajes de la grúa, se utilizará el sistema de transporte vertical de personas, habilitándolo también para elevar hormigón, suspendiendo un cubo para esta actividad de la jaula-cabina, con capacidad mínima de carga de 0,5m³. Con el sistema de cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn o similar, pueden combinarse las dos actividades de transporte vertical de personas y la elevación de materiales (hormigón, armaduras, etc.). En Torres de gran diámetro pueden instalarse dos o tres sistemas independientes de cabrestante eléctrico de 2,5Tn (Fig.3/Posic.20-29-34), para agilizar la elevación de personas y materiales.



4. PROYECTO DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

4.1 PROYECTO

El encofrado deslizante, contará con un proyecto específico, que tendrá en cuenta todos los elementos del sistema, para cualquier tipo de construcción de hormigón armado.

4.2 NORMAS

Esta metodología se desarrolla básicamente, de acuerdo con las siguientes normas:

- Diseño estructural: Eurocódigo apartado 1-1, 1-1-1, 1-2-1, 1-2-4, 1-2-5 y 3-1-1.
- Calidad y seguridad: EN ISO 9001 e ISO 45001.

También se tendrán en cuenta normas posteriores o actualizadas a las ya indicadas, y otras como las correspondientes a la normativa de máquinas.

El proyecto también definirá como mínimo todos los elementos y características, que a continuación se indican.

4.3 GEOMETRÍA Y PRINCIPALES DIMENSIONES

Se deberá indicar:

- Tipo de construcción.
- Planta.
- Altura del deslizamiento.
- Dimensiones exteriores o \varnothing exterior del fuste en base.
- Dimensiones exteriores o \varnothing exterior del fuste en coronación.
- Espesor de muro (constante o variable).

4.4 MOLDE

El molde del encofrado deslizante estará compuesto por paneles de lamas metálicas que se unen entre sí superpuestamente, permitiendo la configuración del diámetro o la planta correspondiente y espesor del fuste a cada cota, desplazándose verticalmente mediante procedimiento hidráulico. En construcciones de sección constante pueden utilizarse paneles de madera forrados con chapa en acero cromo zinc de 0,75mm o similar, por las caras que estarán en contacto con el hormigón. Generalmente tendrá una altura de 1,25m y una velocidad de elevación variable dependiendo de posibles incidencias como:

- La temperatura ambiente.
- El tiempo de puesta en obra del hormigón.
- La velocidad de fraguado del hormigón.
- La dotación de medios disponibles en obra.



- Climatología.
- Tipo de construcción.
- Etc.

El encofrado estará adaptado a la geometría del fuste definido en cada cota del mismo.

4.5 ESTRUCTURA PORTANTE

Estará formada por un conjunto de pórticos soporte del molde del encofrado. Estos pórticos fijos en los planos radiales definidos por cada brazo, y el eje vertical de la construcción, realizarán con su movimiento vertical, las tres funciones siguientes:



1. Adaptarse a la forma de los paramentos con la rigidez necesaria y a la verticalidad del eje del encofrado.
2. Adaptarse al espesor de la pared.
3. Adaptarse continuamente al radio o perímetro geométrico en cada cota.

4.6 TIPO DE EQUIPOS Y UNIDADES

El proyecto definirá las unidades totales de los elementos que se indican a continuación en función de la capacidad portante necesaria del sistema, para la construcción a realizar.

- **Yugos.**
 - Se desglosará el número de unidades y características.
- **Viga Estrella.**

Se desglosará el número de componentes y características:

 - Pieza central con sus conexiones de viga.
 - Yugos con guía.
 - Soportes de distancia.
 - Etc.
- **Molde Encofrado Deslizante.**

Se desglosará el número de componentes y características:

 - Chapas o paneles del molde del encofrado, interiores y exteriores con altura de 1,25m (aprox.).
 - Chapas de superposición de encofrado en construcciones de sección variable.



- Chapas de encofrado rigidizadas por tubos (tubos en 3 alturas), los tubos siempre sobre dos yugos.
- Tensores circunferenciales para la distancia de los yugos exteriores.

- **Sistema hidráulico.**

Se indicará el número de componentes y características:

- Unidades de electrobomba hidráulica automática y su función (elevación del encofrado o ajuste horizontal de geometría). También se indicará el número de unidades en reserva.
- Válvulas de tuberías flexibles (circuito hidráulico con manguera de caucho reforzado) para la elevación de los gatos de trepada.
- Válvulas y tubos de acero para los gatos de ajuste horizontal de geometría, en construcciones de sección variable.



- **Gatos hidráulicos de elevación:**

Dependiendo del tipo de construcción, podrán tener diferentes capacidades de carga. También se puede instalar una combinación de los mismos. Se indicará el número de unidades previstas y en reserva.

- + Gatos hidráulicos de 3Tn.
- + Gatos hidráulicos de 6Tn.
- + Gatos hidráulicos de 22Tn.



- **Gatos hidráulicos de reducción:**

En construcciones de sección variable, también se indicará el número de gatos hidráulicos para el ajuste horizontal de la geometría (habitualmente de 3Tn).



- **Barras de trepada:**

Se indicará el número de unidades previstas y características.

- + Las barras de trepada correspondientes a los gatos de 3Tn tienen unas dimensiones de 26,9 / 2,65mm. Longitud 4,0m.
- + Las barras de trepada correspondientes a los gatos de 6Tn tienen unas dimensiones de 33,7 / 4,05mm. Longitud 4,0m.
- + Las fuerzas máximas de carga de las barras de trepada son calculadas con los correspondientes factores de seguridad. Carga permitida 30KN / barra-gato 3,0Tn y 60KN / barra-gato 6,0Tn.



4.7 PLATAFORMA DE TRABAJO – NIVEL PRINCIPAL (INTERIOR Y EXTERIOR)

1. Opción “plataforma parcial”



Habitualmente se instala en construcciones con mucho diámetro o superficie interior para minimizar costes y peso estructural. Estará situada a la altura del borde superior del encofrado. Desde ella se podrán realizar las operaciones de colocación del hormigón, vibrado del mismo, montaje de armaduras horizontales y verticales (estas últimas solo en el supuesto de no contar con plataforma superior), así como, maniobras de manejo y control del encofrado deslizante.

2. Opción “plataforma completa”:



Estará situada a la altura del borde superior del encofrado. Desde ella se podrán realizar las operaciones de colocación del hormigón, vibrado del mismo, montaje de armaduras horizontales, así como, maniobras de manejo y control del encofrado deslizante. Habitualmente también soporta la estructura o castillete, para los reenvíos del sistema de transporte vertical de personas y materiales por el interior de la construcción.

4.8 PLATAFORMA DE TRABAJO – NIVEL SUPERIOR (INTERIOR Y EXTERIOR)

1. Opción “plataforma parcial”:

Apoyada en los pórticos principales y secundarios. Desde esta plataforma se montarán las armaduras verticales y se podrán extraer y volver a montar las barras de trepada. Ocasionalmente y dependiendo de sus dimensiones, también se podrán realizar tareas de hormigonado cuando la construcción disponga de una grúa torre.



2. Opción “plataforma completa”:



Estará situada en la parte superior del sistema del encofrado deslizante. Desde ella se realizarán las operaciones de extracción y nuevo montaje de las barras de trepada, recepción del hormigón y colocación del mismo por tolvas y trompas de elefante que conectarán con el molde en la plataforma intermedia o principal, montaje de armaduras verticales, sirviendo también de forma general, como zona de acopios de materiales.

4.9 PLATAFORMA DE TRABAJO – NIVEL INFERIOR O COLGANTE (INTERIOR Y EXTERIOR)



Estará situada por debajo del borde inferior del encofrado, en ella se realizarán las operaciones de acabado de paramentos, curado de los mismos y vigilancia del hormigón a la salida del molde.



4.10 EQUIPOS DE ELEVACIÓN

El elemento principal del equipo de elevación es el gato hidráulico con posibilidad de varias capacidades de carga, según se defina en el proyecto (gatos de 3Tn/6Tn/22Tn).

Se instalarán los gatos necesarios para todo el desplazamiento vertical del conjunto del encofrado deslizante. Estos trepan por barras recuperables de acero calibradas.

Los gatos de 22Tn utilizan yugos más grandes y un sistema de rejilla superior de vigas de acero, que puede soportar una plataforma de trabajo de tercer nivel. Tienen la ventaja de necesitar menos unidades y permiten un posicionamiento estratégico para no interferir en huecos, muros no continuos y zonas con altas concentraciones de acero de refuerzo. Los yugos más grandes, significa una mayor distancia entre los mismos, lo que permite trabajar más cómodamente, sin interferencias y con mayor rapidez y precisión en la colocación de los aceros de la armadura, encofrado de puertas y ventanas, embebidos, etc. La plataforma del tercer nivel, proporciona espacio adicional para el acopio de materiales y aceros, pudiendo realizarse desde la misma, la colocación de la armadura vertical como tareas de hormigonado. Estos gatos tienen un mayor rendimiento con una velocidad de elevación superior con respecto a los de 3Tn y 6Tn.

El accionamiento de los gatos se hará mediante electrobomba hidráulica, unida a los mismos por una red de mangueras flexibles de presión, con capacidad variable y orientativa de hasta 300 kg/cm².

A su vez la bomba hidráulica, se podrá poner en marcha mediante un equipo automático, lanzando impulsos de elevación a los gatos hidráulicos de 25mm de altura. Los impulsos de elevación se podrán realizar por ciclos, que pueden ser controlados con intervalos de tiempo previamente seleccionados.



4.11 CARGAS DE LAS PLATAFORMAS DE TRABAJO

Las plataformas de trabajo tendrán una capacidad de carga mínima conforme se indica a continuación. Las medidas indicadas son orientativas y podrán variar según las necesidades del proyecto:

- Carga inerte: 0,5 KN/m²
- Carga viva:

- Plataforma externa principal de 1,50m de ancho:	2,5 KN/m ²
- Plataforma interna principal de 2,00m de ancho (variable):	2,5 KN/m ²
- Plataforma superior de 0,80m de ancho (variable):	2,5 KN/m ²
- Plataforma inferior o colgante de 0,80m de ancho:	1,0 KN/m ²

4.12 POTENCIA DE ELEVACIÓN

La potencia total requerida para izar todo el encofrado deslizante depende de los factores siguientes:

- Peso de la estructura del encofrado completa.
- Peso de las plataformas.
- Peso de las cargas adicionales.
- Peso de los operarios.
- Resistencia funcional entre el hormigón y el molde de acero (calculado con 250 kg/m).

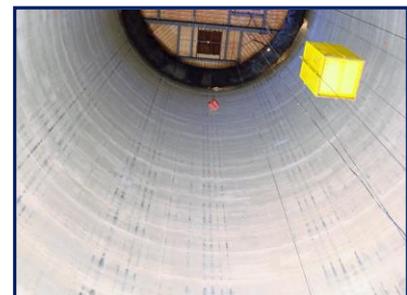
4.13 CARGAS DE VIENTO

El encofrado deslizante estará diseñado para una velocidad mínima de viento de 55m/segundo aprox. (200km/hora).

La integridad del sistema está garantizada en condiciones climáticas severas. El trabajo se verá limitado por la velocidad de viento máxima admitida por la grúa torre estacionaria (en el supuesto de contar con este medio para la elevación de los materiales) y las limitaciones de seguridad y confort de los trabajadores.

4.14 TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES

El acceso de los trabajadores al encofrado deslizante se realizará durante los diez primeros metros deslizados, por un castillete de andamio tubular con escalera inclinada conforme a la legislación vigente y por encima de dicha cota, se accederá utilizando un sistema de elevación específico para este tipo de construcciones (válido para el transporte vertical de personas y materiales), que consta principalmente de un cabrestante eléctrico operativo por el interior de la construcción, de 2,5Tn de capacidad y 90m/min de velocidad máxima. El equipo estará dotado de las medidas de seguridad necesarias, incluyendo un sistema de bloqueo, denominado paracaídas para la jaula-cabina de transporte de personas, que evita que esta pueda caer al vacío ante una situación anómala de funcionamiento. También cuenta con un rodillo de cable flojo, que paraliza el equipo, cuando detecta que el cable de tiro o tracción no tiene la tensión adecuada.



Otro medio alternativo al anterior, puede ser la instalación de un ascensor piñón-cremallera, aunque este sistema tiene una velocidad muy inferior y precisa de un arriostamiento continuo a la construcción, conforme esta gana altura.

El transporte vertical del hormigón y materiales desde la base de la construcción al nivel del encofrado, también se podrá realizar utilizando una grúa torre estacionaria, que en construcciones de cierta altura, se ira telescopando y arriostando al fuste correspondiente, según avance la construcción. Durante los telescopajes y arriostamientos, la grúa queda fuera de servicio, por lo que durante el tiempo que duren, se tiene que utilizar, el sistema de transporte vertical con cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn de capacidad o medio alternativo.



Es recomendable, que en el supuesto de utilizar una grúa torre estacionaria, está tenga una velocidad de elevación de cargas entre 70 y 90m/min. Velocidades inferiores ralentizan enormemente los trabajos, sobre todo cuando la construcción alcanza alturas de cierta importancia superando los 70m.

4.15 VARIOS

El sistema del encofrado deslizante estará dotado de todas las medidas de seguridad preceptivas:

- Focos de alumbrado para trabajo nocturno.
- Balizamiento nocturno para señalar como obstáculo aéreo la construcción.
- Protección contra incendios mediante extintores adecuados.
- Pararrayos temporal.
- Barandillas de protección en plataformas de trabajo con pasamanos superior, intermedio y rodapié.
- Lonas o redes de protección, que permitan aumentar la seguridad de los trabajadores y la comodidad de los mismos, eliminando en gran medida la sensación de altura en las plataformas de trabajo.
- Botiquín.
- Camilla para posible evacuación de algún accidentado o enfermo.
- Walkies-Talkies para comunicación permanente entre las zonas de trabajo y la base de la construcción.
- Circuito Cerrado de TV para controlar embarques y desembarques de personas, si se dispone del sistema de cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn para transporte vertical.
- WC químico.
- Etc.

5. MONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

5.1 MONTAJE

En la fase de cimentación, se dejarán montadas las esperas de las armaduras del muro de la nueva construcción. Estas esperas deberán ser rigidizadas adecuadamente para que no se puedan mover o desplazarse durante la operación del hormigonado de dicha cimentación.

Una vez finalizada la cimentación de la construcción, las diferentes unidades del encofrado deslizante serán montadas sobre la misma en su posición de arranque.

El encofrado deslizante se conforma mediante piezas independientes a ensamblar en el lugar de la construcción, de acuerdo a la geometría prevista. Las piezas serán montadas directamente y de forma secuencial sobre una superficie nivelada. En primer lugar se montarán los paneles interiores del molde una vez colocada la armadura horizontal. A continuación se montará la armadura horizontal exterior y los paneles correspondientes. Durante el montaje general se utilizará una grúa autopropulsada con capacidad suficiente y altura del gancho superior a 8,0 m. También se podrá utilizar una grúa torre estacionaria si la construcción dispone de ella (no es imprescindible). Durante el proceso del deslizamiento del fuste, la elevación y puesta en obra de los materiales se podrá efectuar mediante la grúa torre estacionaria ya indicada. También se podrá utilizar un cabrestante eléctrico con capacidad de carga de 2,5Tn instalado por el interior de la construcción, que será el medio de tracción del sistema de transporte vertical de personas. Ambos medios pueden combinarse durante el deslizamiento y los arriostramientos y telescopajes de la grúa torre (caso de disponer de ella), ya que esta queda inmovilizada durante los periodos de tiempo que se tarda en realizarlos (2-3 días por cada conjunto de arriostramiento y telescopaje), evitándose de esta manera la paralización del deslizamiento.

El montaje del encofrado deslizante será realizado según la secuencia que a continuación se indica, una vez se haya colocado la armadura horizontal del muro, hasta una altura de 1,5m por encima del punto inicial de elevación:

- Se realizarán marcas de nivel en las armaduras.
- Se realizarán marcas del eje del muro, en el eje de huecos o aperturas y en los ejes de los yugos.
- Las chapas o paneles del encofrado interior y exterior, deben estar a 20mm más altas que el punto superior del hormigón de la cimentación.
- Montaje de los yugos.



- Montaje de estructura estrella central hasta que esta se apoye en los yugos.
- Asegurar la estrella y comprobación de la verticalidad del yugo a través del nivel de agua.
- Traslado de la estrella a la posición central correcta, utilizando plomadas para el control del punto exacto.
- Asegurar montaje final de yugos.
- Colocación de los elementos de la plataforma inferior o colgante, al interior y al exterior.
- Distribución de planchas de madera para las pasarelas inferiores o colgantes (instalación a partir de los dos primeros metros deslizados).
- Montaje de las escuadras interiores y exteriores.
- Colocación de las plataformas de madera (intermedia o principal y superior) interiores y exteriores.
- Montaje de la guía de las armaduras verticales.
- Montaje de los gatos hidráulicos de elevación.
- Montaje de los gatos hidráulicos horizontales para ajustes radiales (solamente en construcciones con reducción).
- Montaje de bombas y tuberías hidráulicas.
- Control de hidráulicos.
- Completar armadura horizontal debajo de los canales de los yugos.
- Cierre de huecos entre la base (cimentación) y los paneles de encofrado montados.
- Montaje de la estructura o castillete para el sistema de cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn (transporte vertical de personas y materiales).
- Montaje de todos los componentes del sistema de transporte vertical (cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn).
- Montaje del cabrestante eléctrico auxiliar de 1,0Tn para elevación exterior de armaduras (si procede).
- Montaje del control de verticalidad (dianas y apoyos en la base para los equipos ópticos o laser).



5.2 SUMINISTRO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO

Generalmente el suministro eléctrico se realiza mediante grupos electrógenos, dado que este tipo de construcciones suelen ser la primera implantación de obra de lo que será una futura planta o instalación (al ser un trabajo en altura, siempre se construye antes que el resto de instalaciones para evitar interferencias con las mismas), por lo que todavía no suele haber infraestructura en materia eléctrica en el lugar. Se recomienda disponer siempre de dos grupos electrógenos, uno será el principal y el segundo estará en reserva. De esta manera siempre quedará asegurado el suministro de energía eléctrica, evitándose paradas no deseadas en la construcción por fallo de alguno de los grupos. La potencia de estos grupos electrógenos estará en función del número de equipos y maquinaria eléctrica disponible, pudiendo variar habitualmente entre 500 kVA y 1.000 kVA según necesidades.



Debido a que los trabajos se realizarán tanto de día como de noche (vertido del hormigón las 24 horas), es necesario un alumbrado suficiente en los diferentes niveles de la estructura del sistema del encofrado deslizante y a nivel del suelo.

- **Nivel del Suelo**

Iluminación suficiente en:

- + Áreas de almacenamiento.
- + Oficinas y comedores.
- + Vías de acceso.

- **Sistema de Encofrado Deslizante:**

- + Plataforma de trabajo superior: 4-6 focos halógenos de 4.000W según necesidades, montados sobre la estructura o castillete soporte de los medios de transporte vertical con cabrestante.
- + Plataforma de trabajo principal o intermedia: Se colocará una pantalla fluorescente estanca o foco halógeno de 200W por cada hueco entre yugos.
- + Plataforma inferior o colgante: Se colocará una pantalla fluorescente estanca o foco halógeno de 200W por cada hueco entre yugos.
- + Con tiempo frío, las pantallas fluorescentes o focos halógenos de 200 W, serán sustituidos por focos halógenos de 1.000W para colaborar a mejorar la temperatura ambiente y facilitar el fraguado del hormigón.

6. HORMIGONES

6.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El hormigón es el material a configurar por el encofrado deslizante y la razón de ser de este, por lo que debe ser definido adecuadamente para poder ser deslizado, independientemente de las características exigidas en el proyecto (tipo de hormigón, resistencia característica, consistencia, tamaño árido y ambiente), prestándole la máxima atención en todo momento, desde su fabricación, hasta su transporte a obra y colocación. Solo de esta forma se realizará un correcto deslizamiento con una buena calidad constructiva.

La mezcla de hormigón necesaria a emplear durante los trabajos del deslizamiento, depende de varios factores: tiempo de fabricación y puesta en obra, trabajabilidad, tiempo de fraguado, velocidad del encofrado, temperatura ambiente del aire, etc. El tiempo de endurecimiento del hormigón debe estar coordinado de tal forma, que la primera capa de hormigón (colocada en la parte inferior del molde) empiece a fraguar cuando 2/3 del molde estén rellenos.

Es recomendable para la fabricación del hormigón, utilizar áridos de canto rodado con tamaño máximo del árido grueso de 25mm, por su buen comportamiento al deslizamiento. Si no fuese posible, se puede intentar utilizar una mezcla al 50% de canto rodado y árido de machaqueo y, si esto último no fuese viable, se empleará solo árido de machaqueo con un tamaño máximo del árido grueso de 20mm.

Orientativamente el tiempo de endurecimiento para un deslizamiento medio de 4m / 24hrs., debe ser de **unas 5 horas** aproximadamente (solidez de 0,1N/mm²). **Para un buen deslizamiento, la consistencia del hormigón debe ser fluida (Cono de Abrams 10-15cm). Hormigones con conos superiores no son recomendables por la posible disgregación de materiales que puede producirse y hormigones con conos inferiores, suelen presentar dificultades para su vertido en el molde. Como patrón y de forma general, es recomendable utilizar de partida hormigones con cono de Abrams de 14cm de asentamiento.**

CONSISTENCIA HORMIGÓN	
TIPO CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO (cm)
Seca (S)	0-2
Plástica (P)	3-5
Blanda (B)	6-9
Fluida (F)	10-15
Líquida (L)	16-20



El hormigón podrá ser fabricado en planta externa o en la misma obra, conforme a la definición del proyecto y sobre las necesidades específicas del sistema del encofrado deslizante. Se realizarán ensayos previos para establecer la mejor mezcla, de acuerdo al tiempo de endurecimiento y teniendo en cuenta las condiciones

meteorológicas y de temperatura ambiente prevista, y las exigencias de tiempo de puesta en obra que se requieren en cada momento.

Es recomendable para conseguir la formulación de hormigón mas idónea, utilizar la combinación de dos aditivos polifuncionales diferentes. Dichos aditivos son un plastificante, cuya función principal es la reducción agua/cemento con una función secundaria de retraso de fraguado, y un aditivo superplastificante que es un gran reductor de agua y actua acelerando el fraguado del hormigón. La mezcla o sinérgia en diferentes proporciones de ambos aditivos permitirá obtener un fraguado en función de las necesidades de la construcción y del ritmo del deslizamiento, con la garantía de una mejora en las propiedades del hormigón (resistencia, cohesión, compactación, durabilidad, etc.). Gracias a dicha sinérgia se consigue asegurar parámetros fundamentales del hormigón, tales como:

- Una baja relación agua/cemento, lo que implica una garantía en la resistencia y durabilidad del hormigón.
- Un ritmo de fraguado del hormigón en función de las necesidades de la construcción, de la temperatura (noche y día) y de la humedad.
- Un mantenimiento de consistencia del hormigón adecuado a la puesta en obra y a la distancia entre la planta o punto de fabricación y la construcción.
- Una adecuada fluidez del hormigón, que permitirá mejor trabajabilidad para una buena compactación y puesta en el encofrado deslizante.

No se aconseja utilizar aditivos retardantes de fraguado. Con las ventajas anteriormente descritas y en base a la experiencia, solamente con un aditivo retardante se hubiera conseguido el retraso de fraguado para una buena colocación del hormigón, pero no todo lo anteriormente indicado.

6.2 ENSAYOS PREVIOS

Con el fin de garantizar una puesta en obra del hormigón adecuada para la tecnología del encofrado deslizante, se procederá a realizar previamente, al comienzo del deslizamiento, los ensayos necesarios para definir varios tipos de mezcla, que se podrán emplear alternándose según necesidades y ritmo de trabajo (trabajo continuo las 24hrs/día y noche).

Es recomendable la preparación mínima de cuatro mezclas diferentes con formulaciones adecuadas para un retardo del fraguado de 4-6-8 y 10 horas, partiendo de una mezcla estándar del hormigón que fabrique habitualmente el suministrador, para conocer su tiempo de fraguado y poder realizar las medidas correctoras correspondientes, hasta conseguir los retardos de endurecimiento deseados.

Las pruebas a realizar tampoco se deben anticipar excesivamente con relación a la fecha prevista del inicio del deslizamiento, para ajustarse en lo posible a la temperatura ambiente más parecida al comienzo del mismo.



Los ensayos se deben realizar colocando las diferentes mezclas preparadas por el fabricante, en cajones de madera independientes de 0,80x0,80m y 1,50m de altura.

El tiempo de endurecimiento de cada mezcla será monitorizado con una barra de acero de 10mm, colocada dentro del hormigón blando para así establecer el nivel de avance del endurecimiento dentro del cajón.

De cada mezcla también se sacarán probetas para realizar ensayos en laboratorio homologado, de resistencia a compresión con resultados de rotura a 3, 7 y 28 días, para comprobar que las mismas cumplen con lo requerido en el proyecto.



6.3 HORMIGONADO CON TIEMPO NORMAL O CALUROSO

Se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **General:**

- Debe entenderse por tiempo caluroso aquél en que se produzca cualquier combinación de altas temperaturas, baja humedad relativa y alta velocidad del viento, que tiendan a empeorar la calidad del hormigón o que puedan conferir propiedades no deseadas.
- Los problemas ocasionados por el calor se han agravado últimamente por el empleo de cementos de alta finura de molido y con mayor velocidad de hidratación, altos contenidos de cemento para hormigones de altas resistencias, secciones muy armadas y la necesidad de no interrumpir los trabajos de hormigonado aún en condiciones desfavorables.
- Se pretende evitar las consecuencias perjudiciales que puede provocar el calor sobre un hormigón, tales como:
 - Evaporación de agua de amasado e hidratación incompleta del cemento.
 - Fisuración por retracción plástica.
 - Pérdida de consistencia excesiva durante el transporte y puesta en obra.
 - Fraguados prematuros.
 - Pérdida de resistencias por mala hidratación o fenómenos de retracción, etc.

- **Diseño de la mezcla:**

- Tomando como partida los datos de tipo ambiente, consistencia, resistencia característica y tamaño máximo del árido del hormigón definido en el proyecto, se procederá al diseño de la mezcla correspondiente según la EHE-08 Artículo 31. Se ajustará la curva granulométrica de los áridos según el método patrón deseado (Fuller, Bolomey, etc.) tomando para ello las curvas granulométricas de cada una de las fracciones de que se disponga y según la EHE-08 Artículo 28
- A la hora de colocar el hormigón hay que conocer las características ambientales a las que va a estar expuesto: la temperatura, la humedad relativa y viento, etc. Igualmente, la magnitud de los volúmenes a hormigonar, la relación volumen/superficie y la forma de las piezas. Todo ello tiene gran importancia, no pudiendo por tanto ser ignorado. **Con condiciones ambientales calurosas se recomienda el diseño de mezclas con la justa cantidad de cemento y el uso de cementos con bajo calor de hidratación.** Con temperaturas ambientales normales de entre 15°-25° y con temperatura ambiente alta (>30°C), se recomienda el empleo para la mezcla, de cemento tipo: **CEM II A-V 42,5 R y aditivos polifuncionales reductores de agua:** Melcret PF, Glenium 518 o similar.
- Con los aditivos indicados anteriormente se persigue, que:
 - 1) El carácter fluidificante de los aditivos, combate el aumento de la demanda de agua

de amasado que exige el tiempo caluroso, minimizando de esta forma los efectos de la pérdida de consistencia y por tanto pérdida de trabajabilidad.

2) Dado el efecto estabilizador de fraguado que poseen estos aditivos, controlar la velocidad de fraguado de la masa de hormigón, lo cual favorecerá en:

i. Una mejor puesta en obra, ya que, se reduce el riesgo de aparición de juntas frías, asegurándose que las capas previas responderán a las labores de vibrado de las capas superiores para su unión.

ii. Disipar mejor el calor de hidratación del cemento debido a que las reacciones químicas tienen lugar a una menor velocidad.

- ***Nunca se deben utilizar cementos de alta resistencia inicial y fraguado rápido, ya que estos no son válidos para fabricar hormigones adecuados para el encofrado deslizante.***

- **Fabricación de la mezcla:**

- La mezcla de los componentes podrá realizarse en planta amasadora o bien en la propia cuba del camión en caso de plantas dosificadoras. Se seguirán las prescripciones del Artículo 71 de la EHE-08.
- Se procurará que el agua del amasado tenga una temperatura entre 15 y 20° C.
- Se recomienda utilizar siempre que sea posible agua para el amasado de la red general, para que no se encuentre soleada como sucedería con agua embalsada o almacenada en silos.
- Se recomienda disponer de hielo picado para añadir al agua del amasado en caso de necesidad.
- Deben utilizarse para la mezcla cementos fríos. En situaciones de mucha demanda, el cemento puede llegar caliente a la planta de hormigón, lo cual aceleraría su proceso de fraguado en el momento de la mezcla.
- En la fabricación del hormigón, deben evitarse sobre-dosificaciones de cemento y árido fino, ya que esta circunstancia perjudicaría el deslizamiento, por resultar hormigones pegajosos y muy adherentes, que habitualmente suelen producir sobre-espesores y arrastres indeseados en el encofrado.



- **Transporte:**

- Bajo las condiciones de tiempo caluroso, el tiempo de transporte relacionado con la capacidad de pérdida de consistencia, resultará especialmente cuidadoso, por lo que se tendrá en cuenta, ajustándose la consistencia de salida de planta de tal modo que, la de recepción en obra sea la adecuada o bien empleando aditivos o reductores de agua que colaboren en el mantenimiento de la misma.

- **Puesta en obra:**

- Está previsto un hormigonado continuo, realizándose el suministro del hormigón desde planta exterior a la obra o desde la misma, con disposición de los camiones hormigoneras necesarios, en exclusiva para esta actividad.
- La puesta en obra del hormigón se realizará como mínimo, a partir de los veinte minutos de amasado, a contar desde la hora de carga en planta del camión hormigonera.

- El tiempo máximo de utilización del hormigón, será de noventa minutos a contar desde la hora de carga en planta del camión hormigonera.
- En ningún caso se admitirá la colocación en obra de masas con indicios de fraguado.
- En el proceso de colocación del hormigón se evitará que se produzca una pérdida de homogeneidad, consiguiendo que la masa llene perfectamente y de forma regular el molde del encofrado deslizante, recubriendo correctamente las armaduras en toda su superficie.
- No se colocarán en el molde del encofrado deslizante capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa. Como regla general, este espesor será de 25 cm (\pm 5 cm) y no se comenzará el vertido de una nueva capa hasta la finalización de la anterior. El vertido por capa será continuo y se realizará siempre en el mismo sentido de forma progresiva.
- El vertido de grandes montones y su posterior distribución por medio de vibradores, no se debe realizar, ya que produce una notable segregación de la masa siendo además perjudicial para la calidad del deslizamiento.
- La correcta puesta en obra seguirá las prescripciones del artículo Artículo 71.5 de la EHE-08.
- En el caso concreto de hormigonado en tiempo caluroso, se recomienda que la temperatura de la mezcla sea inferior a 30° C. No se admitirá ningún hormigón que tenga una temperatura superior a 35° C. La temperatura de 35° C. se considera únicamente admisible si la temperatura ambiente supera los 40° C. En caso contrario la mezcla será rechazada si es mayor a 30° C.
- Se controlará la temperatura del hormigón antes de su colocación mediante termómetro de bulbo seco o similar, registrándose los datos correspondientes (n° albarán, temperatura ambiente, temperatura hormigón, hora, cota tongada, etc...) en protocolo de control específico.
- Deberá prestarse especial atención para que no exista posibilidad de formación de juntas frías entre capas o tongadas de hormigón debidas a un rápido ciclo de fraguado y endurecimiento del hormigón, disponiendo en la obra de los recursos necesarios para que, los tiempos entre capas o tongadas de hormigón, sean los más cortos posibles.
- Se controlará de forma permanente la temperatura ambiente existente en el encofrado deslizante, instalando como mínimo, termómetros en la plataforma principal de trabajo (exterior e interior al fuste de hormigón), y en la plataforma inferior o colgante (exterior e interior al fuste de hormigón).

6.4 HORMIGONADO CON TIEMPO FRÍO O MUY FRÍO

Se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **General:**

- Se considera como tiempo frío, el periodo donde en más de 3 días consecutivos se den las siguientes condiciones:
 - La temperatura promedio del aire es menor de 5°C.
 - La temperatura mayor del aire no es superior a 10°C. durante más de la mitad de un día completo.
- La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a +5°C.

- No se verterá el hormigón sobre elementos (armaduras, molde, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.
- Si se hormigona en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se produzcan deterioros o daños en el mismo, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.
- Se tendrá en cuenta el empleo de aditivos para favorecer el fraguado y evitar la congelación del agua contenida en la masa. No se utilizarán aditivos susceptibles de atacar a las armaduras por su contenido en cloruros.
- El conjunto del encofrado deslizante dispondrá exterior e interiormente de lonas que lo cubrirán totalmente, y dispondrá también de fuentes de calor en sus diferentes niveles mediante focos halógenos de 200-500 o 1.000 W. (según necesidades) o sistema alternativo, todo ello con el fin de proteger el hormigón inmediatamente después de su colocación y prevenir su congelación. Esta protección debe permitir que en todas las secciones del hormigón moldeado se alcancen las condiciones necesarias para un correcto fraguado, manteniendo una adecuada temperatura ambiental interna.
- Como complemento a lo indicado anteriormente, se instalarán lonas o mantas térmicas eléctricas por debajo del molde del encofrado (mínimo 6 metros de altura en todo el perímetro de la construcción), para prevenir la congelación del hormigón ya colocado, impidiendo su exposición directa a la intemperie y garantizando su fraguado inicial.
- La cara interior del muro puede sufrir también la acción de las bajas temperaturas por el tiro natural que suele producirse en la misma, por lo que, en caso de necesidad y temperaturas muy bajas o extremas, deben instalarse calentadores industriales (cañones de aire caliente o similar) en la base interna de la construcción, para mejorar las condiciones de dichas temperaturas.
- Se destaca, que no se debe exponer el hormigón a la acción cercana y directa de posibles fuentes de calor como focos, estufas, etc., que puedan emplearse para calentamiento del aire que circunde el muro recién hormigonado.
- ***Se recomienda suspender el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los -20°C*** (El autor no tiene experiencia de haber realizado deslizamientos por debajo de la temperatura indicada anteriormente).



- **Fabricación de la mezcla:**

- La mezcla de los componentes podrá realizarse en planta amasadora o bien en la propia cuba del camión en caso de plantas dosificadoras. Se seguirán las prescripciones del Artículo 71 de la EHE-08.
- En el caso de hallarse los áridos acopiados congelados, estos deberán reconstituirse antes de su aplicación o bien emplear agua de amasado calentada. Nunca se mezclará el agua de amasado con síntomas de congelación.

- El sistema más adecuado para incrementar la temperatura del hormigón es calentar el agua de amasado, pues almacena cinco veces más de calor por peso que el árido. Para evitar falsos fraguados, mala docilidad y deficiente consistencia, el agua no se debe calentar por encima de 60 o 70°C (son recomendadas temperaturas de 40°C aprox.).
- Si se da el caso de que la temperatura del aire está significativamente por debajo de los -4°C, normalmente es necesario calentar también los áridos. En este caso, se recomienda calentar los mismos a temperatura no superior a los 15°C si el agua de amasado se calienta a unos 60°C (aprox.). Para calentar los áridos es recomendable hacer circular vapor de agua a través de los mismos. En tal caso, el descongelamiento se debe realizar con la suficiente anticipación a la elaboración del hormigón como para alcanzar un sustancial equilibrio entre el contenido de humedad y la temperatura. También se puede emplear aire caliente seco, en vez de vapor de agua, para mantener libres de hielo a los áridos.
- El contacto prematuro de agua muy caliente con cantidades concentradas de cemento puede causar un fraguado instantáneo y grumos de cemento en la hormigonera o amasadora. Se recomienda añadir primero el agua caliente y el árido grueso antes que el cemento y detener o reducir la adición del agua mientras son cargados el cemento y los áridos finos.
- En la fabricación del hormigón, deben evitarse sobre-dosificaciones de cemento y árido fino, ya que esta circunstancia puede perjudicar al deslizamiento, por resultar hormigones pegajosos y muy adherentes, que habitualmente suelen producir sobre-espesores y arrastres indeseados en el encofrado.
- Con temperaturas por debajo de 0°C, se recomienda a la planta de hormigonado instalar en los silos de almacenamiento del cemento, una bomba mecánica de impulsión para que esté se encuentre recirculando internamente y en movimiento permanente dentro de los mismos, con el objetivo de que no se apelmace por las bajas temperaturas, evitando que se vuelva compacto y ponerse duro, lo cual podría impedir su salida del silo de almacenamiento en el momento de dosificarle para realizar la mezcla de hormigón.



- **Transporte:**

- Bajo las condiciones de tiempo frío o muy frío, durante el transporte del hormigón se deben tomar medidas especiales, de modo que no se registren pérdidas excesivas de calor hasta el momento de su colocación. El tiempo de transporte, también relacionado con la capacidad de pérdida de consistencia, resultará especialmente cuidadoso, por lo que se tendrá en cuenta, ajustándose la consistencia de salida de planta de tal modo que la de recepción a obra sea la adecuada o bien empleando reductores de agua que colaboren en el mantenimiento de la consistencia.



- **Puesta en obra:**

- Está previsto un hormigonado continuo, realizándose el suministro del hormigón desde planta exterior a la obra o desde la misma, con disposición de los camiones hormigonera necesarios y en exclusiva para esta actividad.

- La puesta en obra del hormigón se realizará como mínimo, a partir de los veinte minutos de amasado, a contar desde la hora de carga en planta del camión hormigonera.
- El tiempo máximo de utilización del hormigón, será de noventa minutos a contar desde la hora de carga en planta del camión hormigonera.
- En ningún caso se admitirá la colocación en obra de masas con indicios de fraguado.
- En el proceso de colocación del hormigón se evitará que se produzca una pérdida de homogeneidad, consiguiendo que la masa llene perfectamente y de forma regular el molde del encofrado deslizante, recubriendo correctamente las armaduras en toda su superficie.
- No se colocarán en el molde del encofrado deslizante capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa. Como regla general, este espesor será de 25 cm. (± 5 cm) y no se comenzará el vertido de una nueva capa hasta la finalización de la anterior. El vertido por capa será continuo y se realizará siempre en el mismo sentido de forma progresiva.
- El vertido de grandes montones y su posterior distribución por medio de vibradores, no se debe realizar, ya que produce una notable segregación de la masa siendo además perjudicial para la calidad del deslizamiento.
- La correcta puesta en obra seguirá las prescripciones del Artículo 71.5 de la EHE-08 y en lo referente al hormigonado en tiempo frío, el Artículo 71.5.3.1 de la EHE-08.
- Se controlará la temperatura del hormigón antes de su colocación mediante termómetro de bulbo seco, registrándose los datos correspondientes (nº albarán, temperatura ambiente, temperatura hormigón, hora, cota tongada, etc...) en el protocolo de control específico.
- Deberá prestarse especial atención para que no exista posibilidad de formación de juntas frías entre capas o tongadas de hormigón debidas a un rápido ciclo de fraguado y endurecimiento del hormigón, disponiendo en la obra de los recursos necesarios para que los tiempos entre capas o tongadas de hormigón, sean los más cortos posibles.
- Se controlará de forma permanente la temperatura ambiente existente en el encofrado deslizante, instalando termómetros como mínimo, en la plataforma principal de trabajo (exterior e interior al fuste de hormigón), y en la plataforma inferior o colgante (exterior e interior al fuste de hormigón).

7. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO - DESLIZAMIENTO

7.1 COMPROBACIONES ANTES DEL INICIO DEL DESLIZAMIENTO



Antes de iniciar el arranque del encofrado deslizante, se realizarán como mínimo los siguientes controles y pruebas:

- Con días de antelación (aprox.), deben realizarse ensayos previos para definir las mezclas de hormigón más idóneas y controlar el tiempo de endurecimiento de los mismos.
- Protocolo con la revisión geométrica y de espesor del muro/s inicial.
- Test de oxidación de hidráulicos.
- Control de todas las instalaciones eléctricas y máquinas incluido el alumbrado.
- Control final de todas las plataformas de trabajo, barandillas y rodapiés de seguridad.
- Revisión del picado y eliminación de la lechada de cemento superficial de la cimentación, en el interior del encofrado, así como, la limpieza de restos y alambre de atar de las armaduras, para asegurar una buena junta de unión con el nuevo hormigón, evitándose contaminaciones.
- Todas las partes que irán embebidas en el muro, deben encontrarse acopiadas en la obra, incluyendo la armadura de refuerzo (mínimo un 50%).
- Instalación y revisión de las barras de trepado.
- Limpieza con agua a presión de las plataformas de trabajo y alza de molde antes del inicio de las tareas de hormigonado.



Se realizará un protocolo general del correcto montaje de todos los componentes e instalaciones del sistema del encofrado deslizante, autorizando su puesta en marcha.

Es necesario que una empresa autorizada competente verifique las instalaciones. **Se facilitará proyecto del Sistema del Encofrado Deslizante y certificados CE de sus componentes.**

En lo referente al sistema de transporte vertical de personas y materiales con cabrestante eléctrico de 2,5Tn o similar, **se facilitará la declaración de conformidad CE del cabrestante y se verificará la instalación y su funcionamiento por parte de empresa auditora competente.**

7.2 INICIO DE LAS TAREAS DE HORMIGONADO

El primer llenado del molde debe realizarse en capas o tongadas de 25-30cm (aprox.).

El tiempo de endurecimiento del hormigón debe ser determinado de tal forma, que la primera capa o tongada inferior, haya fraguado cuando un 80 % del molde esté relleno y el arranque del encofrado puede llevarse a cabo.

Es recomendable para el llenado, emplear hormigón con una capacidad de retardo de 4-6hrs y cono Abrams con asentamiento de 14cm.



7.3 PRIMER IZADO DEL MOLDE

Los primeros izados se realizarán después del endurecimiento del hormigón de la primera capa o tongada inferior del molde y cuando la segunda empiece a fraguar.

Tras dos ciclos de izado (50mm) todos los gatos deben ser revisados, y el dispositivo de nivel de las barras de trepado debe estar colocado y nivelado con manguera de agua o un nivel láser.



7.4 ENCOFRADO DESLIZANTE PRIMEROS METROS

Tras la nivelación exacta del encofrado deslizante, es necesario comprobar todos los radios y los grosores de muro. De esta manera se logra una corrección directa de cualquier divergencia causada por variaciones en el grosor de muro y evita problemas con las patas de los yugos.

Con el fin de evitar diferencias de más de 15 mm, es necesario repetir este proceso durante los 2 turnos de trabajo siguientes. Tras estas 3 revisiones y probables correcciones, será necesario hacer mínimo una revisión diaria. Habrá que seguir controlando que la "pared blanda" en el molde no sobrepase el 0,90m de alto (largo del panel del molde: 1,25m), de lo contrario, las tolerancias del hormigón no estarán garantizadas (se fijará una constante de 0,90m para garantizar la precisión adecuada).

Tras aproximadamente el primer metro de deslizamiento, se deben montar las ruedas de las patas exteriores de los yugos y tras el segundo metro deslizado, tienen que instalarse las plataformas inferiores o colgantes (interiores y exteriores), con sus respectivos pasamanos, rodapiés y piso. También se rematará la instalación de las redes o lonas de seguridad, debiendo ir montadas desde, el pasamanos de la plataforma de trabajo superior (exterior), hasta el pasamanos interior de la plataforma inferior o colgante. También se instalarán redes en la plataforma inferior o colgante por el interior de la construcción.



7.5 PLASTICIDAD DEL MURO

Hay que tener especial atención para que la parte de hormigón blando en el molde no exceda 0,90m de alto (largo del panel del molde: 1,25m) para garantizar así la precisión requerida.

El tiempo de endurecimiento puede ser monitorizado con una barra de acero de 10mm colocada dentro del hormigón blando, para así establecer el nivel de endurecimiento dentro del molde.



7.6 VELOCIDAD DEL DESLIZAMIENTO

La velocidad del deslizamiento podrá ser variable en función de los parámetros ya indicados anteriormente en los puntos 4.4 y 6.1.



Una vez deslizado los dos primeros metros es recomendable utilizar siempre un hormigón con capacidad de retardo de fraguado de 10hrs (aprox.), ya que se debe ir a una baja velocidad, para dar tiempo a poner todo el sistema apunto, incluyendo los medios



para el transporte vertical de personas y materiales, y poder montar las plataformas inferiores o colgantes después de transcurridos estos primeros metros. Una vez superada la primera semana del deslizamiento, se alcanzará en condiciones normales la velocidad normal, utilizando hormigón con capacidad de retardo de fraguado de 4hrs (aprox.), el cual proporciona un buen rendimiento al sistema, garantizando, además, el tiempo necesario para las de armaduras, control del encofrado

El ritmo ideal del suministro del enlazar, la salida de un camión entrada en la obra de otro nuevo. El cada camión estará comprendido molde). Volúmenes superiores emplearse un tiempo excesivo en su debe realizarse en un tiempo de 30´ 45´ para conseguir un buen ritmo de del mismo.



operaciones de manipulación, montaje y hormigonado.

hormigón, se alcanzará, al conseguir hormigonera ya descargado, con la volumen de hormigón a transportar por entre 3 y 5 m³ (según capacidad del ralentizarán el deslizamiento por descarga. La descarga de cada camión (aprox.), no debiendo superar los deslizamiento, asegurando la calidad

Se puede considerar una excelente velocidad programada de 4-5m de altura/24hrs, pudiendo alcanzarse en situaciones muy favorables y puntuales, los 7-8m de altura/24hrs.

7.7 VERTIDO DE HORMIGÓN EN EL MOLDE

Dependiendo de la construcción y del tipo de plataformas de trabajo instaladas en el encofrado deslizante correspondiente, la distribución del hormigón se podrá realizar de diferentes formas:

1. Con plataforma de trabajo superior completa: Se podrá verter el hormigón directamente al molde, a través de tolvas receptoras instaladas en dicha plataforma, con trompas de elefante hasta el encofrado en la plataforma intermedia o principal. Si el hormigón es transportado con grúa torre estacionaria, se utilizará cubilote de 1m³ con descarga vertical y directa a las tolvas. Si fuese transportado con el sistema de cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn, se utilizará cubilote de 0,5m³ con descarga vertical, vertiendo el hormigón en carretillas (del tipo niñeras o carros chinos) desde las cuales se distribuirá a las tolvas.
2. Con plataforma de trabajo superior parcial: Es recomendable realizar el vertido desde la plataforma intermedia o principal. Si el hormigón es transportado con grúa torre estacionaria, se utilizará cubilote de 1m³ con descarga vertical y si se transporta con el sistema de cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn, se utilizará cubilote de 0,5m³ con descarga también vertical. En ambos casos, el hormigón se verterá en carretillas (del tipo niñeras o carros chinos) desde las cuales se distribuirá directamente al molde.
3. En construcciones que no superen los 50,0m de altura (aprox.), también se puede realizar el vertido del hormigón mediante bombeo directo al molde o encofrado.



El vertido del hormigón debe realizarse en capas o tongadas regulares y completas de 25cm (\pm 5 cm). No es recomendable colmar el molde, ni acumular montones en el mismo. El hormigón debe ser compactado por vibración inmediatamente después de ser vertido en el encofrado.

7.8 VIBRADO DEL HORMIGÓN

Es muy importante una buena compactación del hormigón para que este cumpla correctamente su función en el tiempo una vez fraguado. El vibrado debe realizarse con vibradores de alta frecuencia o similar, pudiendo utilizarse cabezas de agujas de \varnothing 50-60-70 y 90mm, según anchura del muro.

Gracias al vibrado, la masa del hormigón vertida en el molde se reorganiza, homogeneizando sus componentes (áridos finos, gruesos, cemento, etc.), consiguiendo además eliminar el aire ocluido en la misma. Todo ello favorecerá la calidad y resistencia final del hormigón, lo que será de suma importancia para una correcta protección de las armaduras de acero, evitando coqueas y colaborando en una buena estética de acabado.



Se deben tener en cuenta algunas observaciones para un buen vibrado:

- La profundidad máxima de vibrado será de 40cm.
- Introducir la aguja verticalmente hacia el centro del molde hasta que se alcance parte de la capa o tongada anterior, con el fin de unir y homogeneizar ambas.
- Mantener la aguja en el hormigón del molde durante cortos periodos de tiempo: 8 o 10 segundos (aprox.).
- No sobrepasar periodos de vibrado de más de 15 segundos, ya que lo único que se consigue es subir el agua del amasado a la superficie de la capa o tongada y desecar la mezcla.
- Sacar la aguja del hormigón de forma inclinada para facilitar su salida.
- Siempre se debe realizar el vibrado en el mismo sentido en que se vierte el hormigón y acompañando al mismo en todo momento.



7.9 ARMADURAS

Es recomendable que las esperas de arranque de las armaduras verticales montadas en la cimentación, tengan una terminación en diente de sierra, con el fin de evitar que los solapes de las siguientes armaduras se tengan que realizar todos a la misma cota y al mismo tiempo, pudiendo de esta manera, montarse de una manera más idónea, progresiva y cómoda.

La elevación de las armaduras para el muro será realizada preferentemente con la grúa torre estacionaria (si se dispone de ella), en paquetes de 500 kg. (aprox.). También se podrán elevar con el sistema del cabrestante eléctrico interior de 2,5Tn o con el cabrestante complementario exterior de 1,0Tn (en el supuesto de que se haya instalado).



La longitud máxima de las armaduras verticales será de 6,0m.

La longitud máxima de las armaduras horizontales será de 6,0m y deberán tener el radio correspondiente para facilitar su montaje (sobre todo para \varnothing superiores a 10,0m). En construcciones de gran diámetro o cuando se utilicen gatos de 22Tn, podrán ser de 12,0m de longitud.

Las barras en U del refuerzo horizontal y las uniones deben estar identificadas con el fin de facilitar su montaje por debajo de los yugos.



El almacenamiento general de las armaduras se realizará al pie de la construcción, desde donde se distribuirán a la plataforma de trabajo superior o a la plataforma principal del encofrado deslizante.

Como mínimo, el 50% de todas las armaduras, deberán estar acopiadas a pie de obra antes del comienzo del deslizamiento.

7.10 RECUBRIMIENTO DE LAS ARMADURAS

Para garantizar que las armaduras verticales y horizontales tengan el recubrimiento de hormigón correcto indicado en el proyecto, se dispondrá de espaciadores de acero entre las armaduras y el molde, fijados en la parte superior del mismo. El largo debe ser de 20,0cm (máximo) con el espesor correspondiente.



Las armaduras verticales deben ser guiadas para facilitar y asegurar su buen montaje, debiéndose instalarse una rejilla guía por encima de todo el perímetro del molde, a la altura del nivel de la plataforma superior.

7.11 TRATAMIENTO SUPERFICIAL / CURADO POSTERIOR

La superficie de hormigón que se encuentra por debajo del molde del encofrado, podrá ser repasada para tener el grado de acabado requerido. Desde la plataforma inferior o colgante (interior/exterior), también se procederá a su curado mediante tratamiento superficial (empleando Sika-Antisol o similar), para aplicar una película impermeable que impida la pérdida prematura de humedad y se realice el completo curado del material.



El curado del hormigón es muy importante en el proceso final del fraguado del mismo, evitando el resecamiento prematuro y por lo tanto la reducción de resistencia, así como, posibles fisuraciones por secado rápido.

7.12 LIMPIEZA DE PLATAFORMAS Y DE LOS PANELES DEL MOLDE

Todas las plataformas y paneles del molde durante el deslizamiento, se mantendrán lo más limpias posible de hormigón. Todos los residuos serán retirados de las plataformas de trabajo del encofrado deslizante.

7.13 ENCOFRADO DE HUECOS EN EL FUSTE O MUROS

Todos los encofrados que se inserten en los muros, deben ser 15mm más estrechos que el grosor de los mismos y suficientemente resistentes para no deformarse con el hormigón blando.

Para huecos mayores de 50x50cm deben usarse tablonés y para huecos más pequeños se puede usar Poliestireno expandido.



Todos los embebidos en los muros deben quedar anclados a las armaduras, para evitar desplazamientos o levantamientos por el molde.



Todos los huecos y aperturas, así como, las placas de anclaje, deben ir fijados al refuerzo original o a barras de refuerzo suplementarias, con el fin de garantizar que se mantiene la posición correcta durante las tareas del deslizamiento.

Las barras de trepado en huecos encofrados o aperturas, deben ir ancladas o rigidizadas en general, cada 0,50m para evitar deformaciones.

7.14 ACOPIO DE MATERIALES

Se recomienda con tiempo de antelación, tener a pie de obra, todos los encofrados de huecos y embebidos como placas de acero que vayan en el muro. La elevación a su cota de instalación será realizada con la grúa torre estacionaria o con el sistema de cabrestante eléctrico para transporte vertical de materiales.

7.15 MOLDE VACÍO

Hay que evitar espacios de molde vacío de más de 30 cm.

7.16 PLATAFORMA INFERIOR (COLGANTE)

Tras el deslizamiento de los primeros 2,0m hay que montar la plataforma de trabajo inferior o pasarela colgante.

Las piezas de la pasarela colgante van colocadas sobre las patas de los yugos. Tras la colocación de las planchas del piso, rodapiés y los pasamanos de protección, se colocará la red de seguridad.



7.17 ACCESO ENTRE PLATAFORMAS

Con el fin de acceder a la plataforma inferior o colgante, desde la plataforma intermedia o principal, es necesaria la instalación de una o dos escaleras homologadas entre las mismas (según dimensiones constructivas). La posición de las escaleras, debe ser entre dos yugos. De igual forma, también quedará conectada la plataforma principal con la superior.

7.18 MANTENIMIENTO CONTÍNUO DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

- **Personal:**
 - + Se contará con la presencia como mínimo de 2 técnicos especialistas en encofrado deslizante con sus respectivos ayudantes, por turno de trabajo, durante el montaje, deslizado y desmontaje del sistema.
- **Corrección del Encofrado Deslizante:**
 - + Las correcciones radiales y de espesor del muro, son necesarias en caso de que, las diferencias con respecto al diseño superen los 15mm.
 - + La corrección de la verticalidad de la construcción con cables cruzados, debe realizarse cuando el encofrado deslizante se nivela durante el proceso de comprobación de la misma mediante plomada óptica.

7.19 DESLIZAMIENTO EN CONDICIONES ADVERSAS (TORMENTAS, VIENTO, ETC.)

El encofrado deslizante estará asegurado en caso de tormenta o fuertes vientos, de acuerdo con los cálculos. Si las previsiones meteorológica predicen tormentas o fuertes vientos, se montarán en la estructura del encofrado unos trácteles con cables de acero cruzados a modo de abrazadera, conectados a los yugos en su parte inferior y en la base de las rejillas o puntos resistentes, en dirección contraria al viento. El trabajo de operarios en la plataforma superior en condiciones adversas es posible, siempre que usen arneses de seguridad.



El encofrado deslizante, contará con un sistema de pararrayos, siendo conveniente que también lo tenga la grúa torre estacionaria, en el supuesto de que la construcción disponga de ella.

Como medida de seguridad, se recomienda paralizar los trabajos durante las tormentas, desalojando los operarios la instalación.

7.20 PARADAS DURANTE LAS TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

Cualquier parada prevista o imprevista debe estar sujeta al procedimiento siguiente:

- El hormigón debe llevar un nivel común y estar vibrado.
- El molde será izado lentamente para lograr una separación entre el molde y la estructura de vertido.
- El izado final no debe tener lugar al menos hasta que hayan transcurrido 24 horas desde el último vertido de hormigón.
- El molde no será detenido hasta que falte mínimo 0.80m, para así preservar una forma plana y estable.
- Antes de retomar nuevamente las tareas de hormigonado, debe asegurarse que el molde esté limpio y vacío, habiéndose picado la lechada superficial que normalmente se forma sobre el antiguo hormigón.

7.21 PARADAS DE EMERGENCIA

En caso de vientos fuertes o de necesidad de evacuación de la instalación, hay que seguir el procedimiento siguiente:

- El molde debe ser izado muy lentamente y hay que proceder a limpiarlo.
- El reinicio de las tareas debe hacerse siguiendo el procedimiento anteriormente indicado.

7.22 DESMONTAJE DE LAS BARRAS DE TREPADA

El desmontaje de las barras de trepada en construcciones que no superen los 50,0m de altura, puede realizarse una vez finalizado el deslizamiento. En construcciones con alturas superiores, el desmontaje y recuperación de las barras, puede realizarse periódicamente y de forma progresiva, para optimizar el número de las mismas durante toda la obra.

La tarea de recuperación de las barras de trepada se realiza empleando un equipo extractor. Esta tarea puede ralentizar la velocidad del deslizamiento, motivo por el que en algunas circunstancias no llegan a extraerse, ya que puede ser más económico y rápido dejarlas perdidas en el muro.



7.23 DOCUMENTACIÓN

Los requerimientos siguientes se aplican como mínimos sobre las tareas del encofrado deslizante, debiendo realizarse diariamente los necesarios protocolos:

- Revisión del encofrado antes del inicio de las tareas del deslizamiento.
- Diario del deslizamiento incluyendo por cotas: espesores de muros, diámetro, altura y cotas de incidencias en los mismos.
- Revisión de seguridad antes de las tareas del deslizamiento y durante el mismo.
- Control por cotas de la verticalidad y posible giro del encofrado.
- Control de los conos del hormigón, consistencias, temperatura de la mezcla y posibles incidencias en el suministro.
- Control de la temperatura ambiente.

7.24 FINALIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO

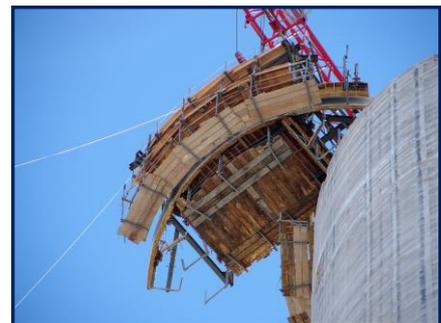
Después de finalizar el vertido del hormigón y alcanzar el encofrado deslizante la coronación de la construcción, se colocarán unos puntales por debajo de los yugos con el hormigón ya fraguado. Tras calzar correctamente los yugos, se retirarán los gatos hidráulicos y se procederá a la extracción de las barras de trepada.

7.25 DESMONTAJE DE TODO EL SISTEMA

Tras haber fraguado por completo el hormigón, se procederá al desmontaje de todo el conjunto del encofrado deslizante. Se puede considerar que esta fase del trabajo es la más crítica de todo el proceso.

El desmontaje se realizará en función de si la construcción dispone de grúa torre o no.

- **Desmontaje con grúa torre (secuencia):**
 - Se extremarán las medidas de seguridad en el trabajo.



- Durante las operaciones de desmontaje, en la construcción sólo estará presente el personal designado para dichas tareas.
- Todo el conjunto del encofrado deslizante quedará calzado en el muro/s de la construcción.
- El conjunto del encofrado deslizante se fraccionará en varios módulos completos independientes (4-5-6 Uds. según geometría del encofrado), compuestos por plataforma superior, intermedia, molde y plataforma inferior o colgante, en función de la capacidad de carga de la grúa torre para su transporte al pie de la construcción.
- Corte de las armaduras verticales sobrantes y remates en el muro/s superior.
- Desmontaje de los gatos hidráulicos.
- Extracción de las barras de trepada.
- Todo el material sobrante se retirará de las plataformas de trabajo.
- Todos los objetos sueltos serán retirados del encofrado y todas las plataformas de trabajo serán limpiadas.
- Todas las conexiones, como mangueras y cables entre los módulos del encofrado a desmontar, serán desconectados de los mismos.
- Se montará un andamio motorizado tipo Tractel para personas y así disponer de una comunicación permanente entre la base y parte superior de la construcción.
- Se desmontará la estructura soporte (castillete) y todos los elementos del sistema/s de transporte vertical con cabrestante eléctrico de 2,5Tn.
- Una vez los módulos completos del sistema del encofrado deslizante se vayan retirando de la parte alta de la construcción, al pie de la misma, se iniciará el desmontaje y limpieza de todos sus componentes (sistema hidráulico, gatos de reducción, plataforma superior, yugos, paneles del molde, etc.).



- **Desmontaje con cabrestante eléctrico de 2,5Tn o similar (secuencia):**

- Se extremarán las medidas de seguridad en el trabajo.
- Durante las operaciones de desmontaje, en la construcción sólo estará presente el personal designado para dichas tareas.
- Corte de las armaduras verticales sobrantes y remates en el muro/s superior.



- Se montará una estructura provisional sobre la parte superior del muro/s de hormigón, para reubicar el castillete o estructura soporte del sistema de transporte vertical con cabrestante eléctrico de 2,5Tn o similar.
- En primer lugar, todos los objetos sueltos deben ser retirados del encofrado y todas las plataformas de trabajo serán limpiadas.
- Extracción de las barras de trepada.
- Desmontaje de los gatos de elevación.
- Se retirarán los soportes del encofrado deslizante de todos los yugos, empezando por los tabloneros de madera que se encuentran entre los canales de yugos y la parte superior del hormigón.
- Todas las conexiones, como mangueras y cables que no sean necesarios, se desconectarán del encofrado.
- Desmontaje del sistema hidráulico.
- Desmontaje del alumbrado.
- Desmontaje de los gatos de reducción.
- Desmontaje de la guía de la armadura vertical.
- Desmontaje de la plataforma inferior o colgante (interior y exterior).
- Soporte temporal del núcleo central con un andamio convencional.
- Desmontaje y descenso de separadores, canales de mantenimiento y canales de guía de yugos (uno a uno).
- Descenso del núcleo central.
- Desmontaje de todos los elementos del encofrado deslizante (paneles del molde de la parte interna y externa simultáneamente), incluidos los yugos y las escuadras.
- Desmontaje de las plataformas superiores.
- Se montará un andamio motorizado tipo Tractel para personas y así disponer de un acceso permanente entre la base y parte superior de la construcción.
- Se desmontará la estructura soporte (castillete) y todos los elementos del sistema/s de transporte vertical con cabrestante eléctrico de 2,5Tn o similar.
- Limpieza en la base de la construcción, de todos los componentes del encofrado deslizante desmontados.



7.26 ÁREA DE SEGURIDAD DURANTE EL DESMONTAJE

Durante las tareas del desmontaje del conjunto del encofrado deslizante, se mantendrá el área de exclusión fijado previamente en la base de la construcción, para personas y actividades de un radio de 25m (mínimo). En construcciones de gran altura y siempre que sea posible, el área de seguridad en la base, debe corresponderse a la aplicación de un radio desde el muro exterior, equivalente a $\frac{1}{4}$ de la altura de la construcción.

7.27 TRABAJO A TURNOS

Dada la singularidad y complejidad de este trabajo, se puede tener en cuenta la siguiente recomendación:

Durante los periodos de trabajo considerados normales (solo turno de día) la obra puede permanecer abierta por un periodo de 55 horas/semana (10 horas de lunes a viernes + 5 horas los sábados).

En caso de establecimiento de turnos para algunas actividades concretas (periodo del deslizamiento), la obra permanecerá abierta las 24 horas del día (sábados, domingos y festivos incluidos), aunque se establecerán dos turnos de trabajos de 12 horas cada uno, incluyendo el tiempo necesario para comidas o cenas.

Durante los periodos de trabajo a turnos, se distribuye el personal con corre-turnos, de tal manera que se establecen días de descanso, para que cada persona tenga al menos un día libre por semana durante la primera parte del deslizamiento. Después de la segunda semana de trabajo y conseguida la rutina secuencial de la actividad, se aumentarán los descansos a cada trabajador, a dos días por semana.

8. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN

8.1 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

En fase de proyecto se desarrollará un **PLAN DE CONTROL DE CALIDAD** como documento integrado en el mismo y de obligado cumplimiento, asegurándose así la calidad de la construcción y la eficiencia de los procesos. Se actualizará a lo largo de toda la obra en función de sus necesidades, dando como resultado un **INFORME FINAL DE CONTROL DE CALIDAD**, que refundirá toda la documentación generada relativa a informes, certificaciones de equipos y maquinaria, pruebas, ensayos, planos "as-built", protocolos, etc...

Se contará con la colaboración habitual de los laboratorios homologados. Estarán incluidas todas las pruebas y ensayos, destructivos y no destructivos, necesarios para garantizar y constatar la calidad de la construcción. La Norma base con respecto a la obra civil será la EHE, aunque por imperativo de la construcción, el número de tomas de muestras de probetas para análisis de las características del hormigón será muy superior a lo indicado en la instrucción, dado que el control habitual supera ampliamente las necesidades indicadas en la norma en número de roturas; ya que, está previsto realizar tomas en todas las jornadas de trabajo en el periodo del deslizamiento, con roturas a 3, 7 y 28 días y probetas adicionales para posible contraste posterior.

EI PLAN DE CONTROL DE CALIDAD contemplará como mínimo los siguientes puntos:

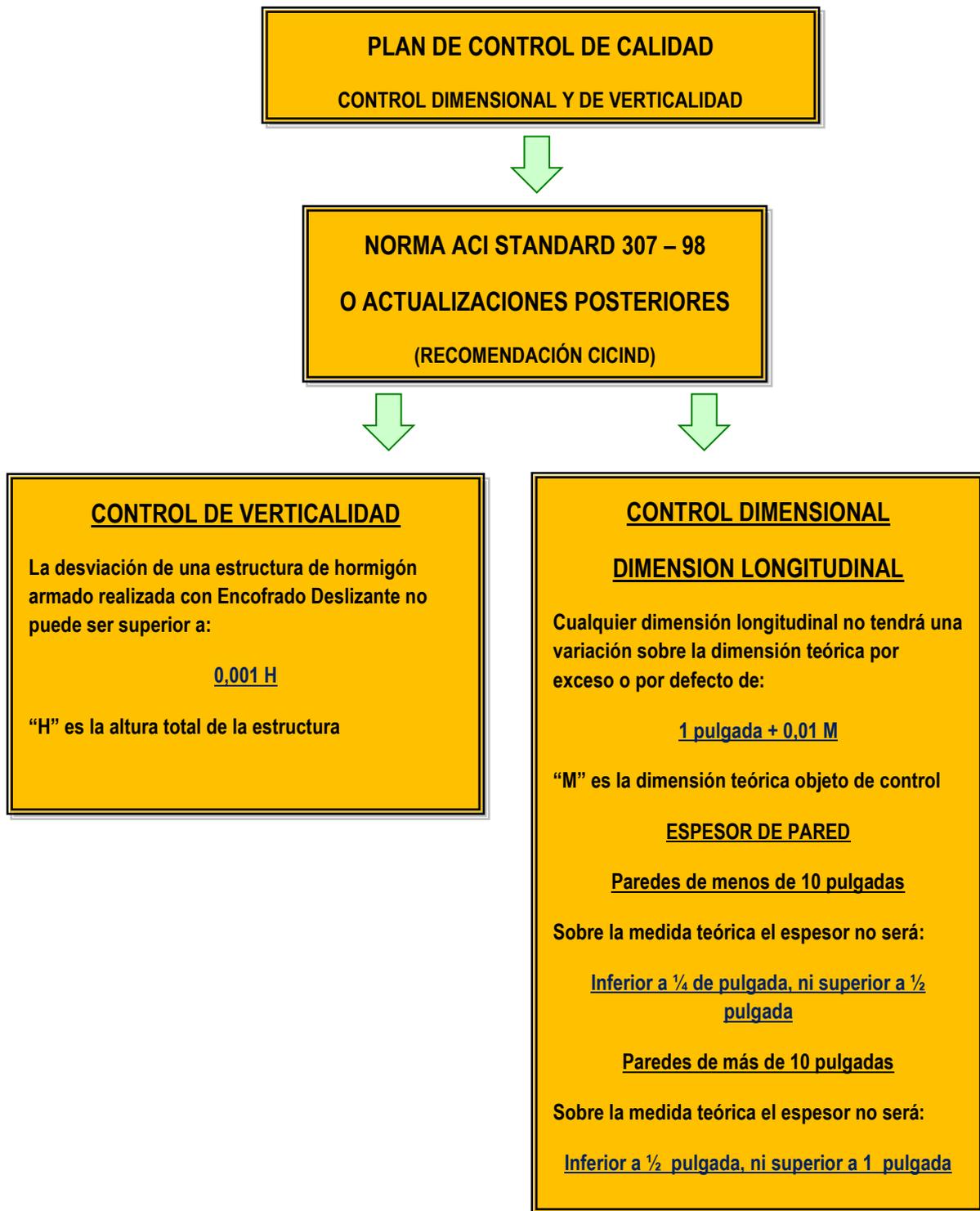
- **OBJETO.**
- **ORGANIZACIÓN.**
 - Organigrama de obra.
 - Relación de subcontratistas y proveedores.
 - Documentación y archivos.
- **CÓDIGOS Y NORMAS DE APLICACIÓN.**
 - Especificaciones.
 - Códigos y Normas.
- **PROCESO CONSTRUCTIVO.**
 - Fuste de la construcción.
 - Plataformas interiores.
 - Montaje de elevador.
 - Accesorios.
 - Otros.
- **CONTROLES DE CALIDAD.**
 - Ingeniería.
 - Hormigones y Aceros.
 - Revestimiento interno.
 - Elementos metálicos.
 - Pararrayos.
 - Instalación eléctrica e iluminación.
 - Elevador.
 - Otros.

- PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCIÓN.
- RELACIÓN DE PLANOS AS-BUILT.
- INFORME FINAL DEL CONTROL DE CALIDAD.

El análisis hasta la raíz de los posibles problemas de calidad que puedan surgir durante los trabajos, no limitándose sólo a la detección de los mismos, conllevará a una mejora continua de la gestión de dicha calidad.

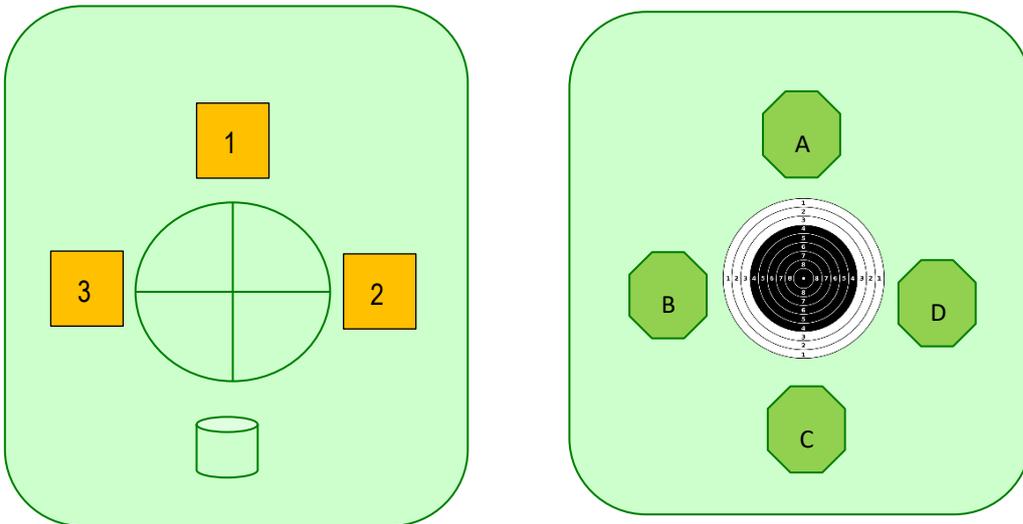
8.2 CONTROL DE CALIDAD DEL SISTEMA DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

Antes del comienzo de los trabajos se tiene que haber establecido un **PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD** para el control visual y dimensional de la estructura de hormigón conformada con el **ENCOFRADO DESLIZANTE**, que se basará como mínimo en los siguientes criterios orientativos:



8.3 CONTROL DE VERTICALIDAD DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

EL CONTROL DE VERTICALIDAD para estructuras esbeltas de hormigón armado realizadas con el sistema del encofrado deslizante, se basa en la determinación de desviaciones de puntos fijos en el encofrado, para ello, se dispondrán como mínimo de tres puntos de control (**1, 2 y 3**), en dos ejes perpendiculares, situando dos de ellos en la dirección de mayor longitud según el tipo de la construcción.



Cada punto de control, dispone de una diana con orientaciones **A, B, C y D** o similar, que marca la tendencia de los posibles desplomes.

Periódicamente (cada 50cm. máximo) se toman datos de las desviaciones existentes y se reflejan en el diario del deslizamiento, indicando en el mismo, los datos obtenidos a las diferentes cotas de control. Al mismo tiempo, en el diario del deslizamiento, también se reflejarán los datos obtenidos del **CONTROL DIMENSIONAL** y las incidencias correspondientes.



CONTROL DE VERTICALIDAD - DIANAS EN EL ENCOFRADO



CONTROL DE VERTICALIDAD – APOYOS EN BASE PARA EQUIPOS ÓPTICOS O LASER

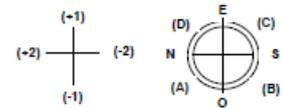
8.4 DIARIO DEL DESLIZAMIENTO

FORMATO "TIPO"

CLIENTE:

DENOMINACIÓN PROYECTO:

TIPO DE CONSTRUCCIÓN:



DIARIO DEL DESLIZAMIENTO

COTA	COTAS		FECHA	ALTURA SUBIDA			INCIDENCIA	COTA REAL	COTA	CONTROL DE VERTICALIDAD								FUSTE			
	TURNO DIA	TURNO NOCHE		TURNO	TOTAL	DIA				NOCHE	JORNADA	A		B		C		D		Ø INT.	ESPESOR
												1	2	1	2	1	2	1	2		
-3.295			11/05/2009				VER DOCUMENTO DE INCIDENCIAS	166.205	-3.295	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,848	300	
-2.295	-2.045							167.455	-2.045										13,686	300	
-1.295		-1.045	11/05/2009	1.25	1.00	2.25		167.600	-1.90	0	0	0	0	0	0	0	0				
0.000								168.500	-1.00	0	+3	+3	+4	0	+3	-4	+3	13,552	300		
1.000	+1.055							169.500	0.00	0	0	0	0	-3	0	-2	+3	13,426	300		
2.000								170.000	+0.50	+3	0	+2	0	0	+3	-2	0				
3.000								170.500	+1.00	-2	-2	+2	+2	-2	+3	+4	0	13,300	300		
4.000	+3.56							171.000	+1.50	+2	0	+2	+3	-4	+2	+4	+3				
5.000		+2.31	12/05/2009	2.10	1.255	3.355		171.500	+2.00	0	+3	0	+2	-2	-2	+3	0	13,178	300		
								172.000	+2.50	+2	+3	0	0	0	+2	+4	+3				
								172.500	+3.00	+2	-2	+4	+2	0	+2	+2	+3	13,056	300		
								173.000	+3.50	0	+2	+5	0	-2	0	-5	0				
								173.500	+4.00	0	0	+4	+3	0	+2	-4	+2				
								173.800	+4.40									12,890	300		
								174.000	+4.50	+3	+5	+5	+4	-2	+3	-5	+5				
								174.500	+5.00	0	0	+3	+2	-2	-5	+3	0				
			13/05/2009	1.25	1.25	2.50		174.800	+5.30									12,805	300		

9. PREVENCIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

9.1 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

Todos los sistemas que se vayan a utilizar en el trabajo serán analizados en el **PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL** correspondiente, debiendo encontrarse integrados en el propio proceso constructivo, estando diseñados para hacer posible la seguridad del personal que participa en el mismo. El Plan también incorporará el conjunto de medidas necesarias para garantizar la seguridad de terceros, habilitando áreas de seguridad externa en la base de la construcción y la incorporación de sistemas de protección colectiva en todas las zonas afectadas por las obras.

El conjunto estructural del sistema del encofrado deslizante, reunirá las condiciones necesarias para ser considerado como una protección colectiva general.

Previo al inicio de la construcción se redactará el correspondiente **PSSL**, que contemplará principalmente los siguientes puntos:

- **Documento nº 1 – MEMORIA.**
 - Objetivos del plan de seguridad.
 - Aspectos generales. Descripción de la obra.
 - Aspectos generales.
 - Características de la construcción, descripción de la obra y principales fases de trabajo.
 - Procedimiento constructivo. Equipos, maquinaria y medios auxiliares.
 - Procedimientos para la ejecución de las fases más significativas de la obra.
 - Principales equipos, maquinaria y medios auxiliares a utilizar en cada tajo.
 - Descripción de los principales equipos, maquinaria y medios auxiliares a utilizar en cada tajo.
 - Programa de los trabajos.
 - Organigrama.
 - Plan de obra.
 - Necesidades de mano de obra.
 - Subcontratistas.
 - Instalaciones temporales de obra.

- **Documento nº 2 – GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN.**
 - Relaciones laborales dentro de la empresa.
 - Representación de los trabajadores.
 - Planificación de la prevención.
 - El deber general de protección.
 - Principios generales de la acción preventiva.
 - Evaluación de riesgos (artículo 16 LPRL).
 - Equipos de trabajo y medios de protección individual (artículo 17 LPRL).
 - Información, consulta y participación de los trabajadores (artículo 18 LPRL).
 - Formación de los trabajadores.
 - Obligaciones de los trabajadores.
 - Organización de la prevención.
 - Órganos de representación en materia preventiva.
 - Organización de los recursos para la realización preventiva.
 - Medicina preventiva.
 - Servicio médico.
 - Reconocimientos médicos.
 - Primeros auxilios.
 - Asistencia sanitaria alternativa.
 - Teléfonos de emergencia.

- Acciones a seguir en caso de accidente laboral.
- **Documento nº 3 – EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DEL TRABAJO.**
 - Evaluación de riesgos previsibles en el proceso constructivo y prevención de los mismos.
 - Problemática de la obra y su entorno.
 - Cimentación.
 - Montaje del encofrado deslizante.
 - Puesta a pie de construcción del hormigón y ferralla.
 - Deslizamiento del fuste de hormigón.
 - Desmontaje del encofrado deslizante.
 - Placas interiores.
 - Plataformas metálicas.
 - Sistema de pararrayos.
 - Balizamiento luminoso.
 - Maquinaria y herramienta de uso más frecuente.
- **Documento nº 4 – PLIEGO DE CONDICIONES.**
 - Disposiciones legales de aplicación.
 - Principios generales aplicables durante la ejecución.
 - Protecciones personales.
 - Protecciones colectivas.
 - Inspecciones de los equipos de izado, tensado, arrastre y suspensión.
 - Medio ambiente.
 - Actuaciones de carácter específico.
- **Documento nº 5 – PLANOS.**
 - Planos generales de la obra a realizar.
 - Croquis de medios auxiliares.
 - Croquis de medios de suspensión individual.
 - Croquis de prevención y varios.
- **Documento nº 6 – PRESUPUESTO.**
 - Protecciones individuales.
 - Protecciones colectivas.
 - Extinción de incendios.
 - Protección instalación eléctrica.
 - Instalaciones de higiene y bienestar.
 - Medicina preventiva y primeros auxilios.
 - Formación y reuniones de obligado cumplimiento.
 - Resumen presupuesto.
- **Documento nº 7 – DOCUMENTOS DE PREVENCIÓN.**
 - Documentos acreditativos de formación en materia de prevención, seguridad y salud laboral.
 - Impresos de prevención.
 - Otros.

Durante el desarrollo de la construcción, se generará la documentación relativa al Dossier Final de Seguridad y Salud, donde se incorporará las homologaciones de los equipos empleados, las certificaciones de los cursos de formación periódicos impartidos, las estadísticas de siniestralidad, etc.

El análisis hasta la raíz de los posibles problemas de seguridad laboral que puedan surgir durante los trabajos, no limitándose sólo a la detección de los mismos, conllevará a una mejora continua de la prevención y gestión de dicha seguridad laboral.

9.2 ÁREA DE SEGURIDAD

No hay normas establecidas para determinar el área de seguridad para este tipo de trabajo en la base de la construcción. Por años de experiencia, se aconseja habitualmente aplicar el radio de $\frac{1}{4}$ de la altura total de la construcción como medida preventiva, a contar desde el muro exterior de la estructura. El área de seguridad nunca será inferior a un radio de 25,00 m. desde el muro exterior de la construcción. También se recomienda envolver toda la estructura exterior del sistema del Encofrado Deslizante con una red anticaídas (red de 30 x 30 mm o similar).

Otro extremo a tener en cuenta, es el acceso de los trabajadores a la construcción, debiéndose realizar en la base un pasillo de seguridad techado, que atravesará el área de seguridad establecido. Este será el único punto por donde todo el personal accederá a la construcción.



Cualquier instalación en la base, así como, la fijación del equipo de tracción del posible/s cabrestante/s eléctrico/s para la elevación de personal o materiales, deberá situarse a partir del radio de seguridad mínimo de los 25,00 m. establecidos. Todo el recorrido en la base del cable de acero de tiro del cabrestante/s, será protegido mediante la canalización correspondiente.

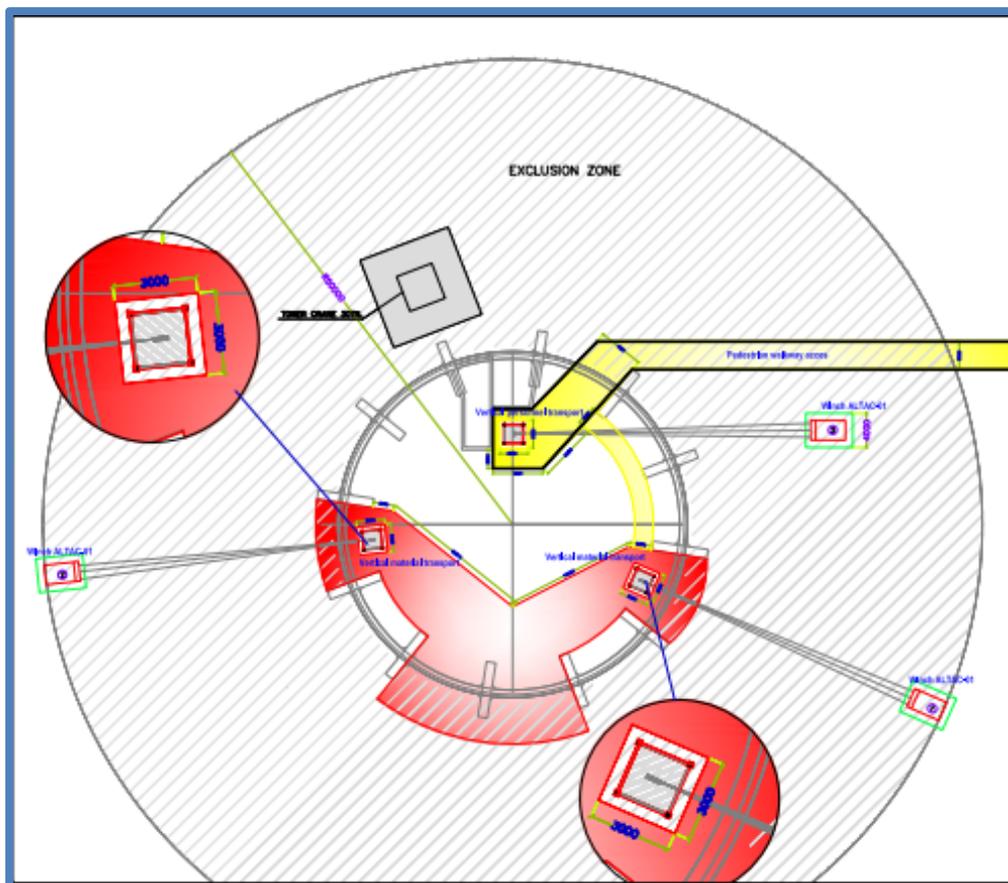


Figura 5.- Encofrado Deslizante – Área de Seguridad – Pasillo Acceso Personal – Ubicación Cabrestantes Eléctricos

Los camiones hormigoneras también dispondrán de un techado de protección en el punto fijado para hacer las descargas correspondientes.



9.3 PROCEDIMIENTO DE EVACUACIÓN Y RESCATE EN ALTURA

El proyecto incluirá un procedimiento general para la evacuación o rescate del personal que participa en la obra con el sistema constructivo del encofrado deslizante.

1. PROCEDIMIENTO A SEGUIR

1.1 Generalidades.

El procedimiento de evacuación o rescate de personal que se indica a continuación, solo será utilizado en caso de necesidad, por posible inmovilización (avería, fallo eléctrico o mecánico, etc.) del sistema para transporte vertical del personal o accidente laboral, permitiendo su utilización, que el personal afectado pueda ser evacuado o rescatado desde cualquier punto o zona de trabajo en altura, o de la cabina del montacargas.

Se dará formación previa a todo el personal para el uso del equipo de rescate "DEROPE A" o cualquier otro similar que se pudiera emplear.

La utilización del equipo de salvamento "DEROPE A" o cualquier otro similar, permitirá que una o dos personas puedan descender desde una posición elevada y a una velocidad controlada, limitada automáticamente a 42 m/min o similar.

El equipo de rescate también permitirá la elevación de personas al punto deseado.

1.2 Principales características del equipo tipo "DEROPE A".

- Peso: 1,6 Kg.
- Dimensiones: 340/200/290.
- Número de personas sujetas a una misma cuerda: 1 ó 2.
- Altura de descenso: 400 m para 1 persona ó 100 m para 2 personas.
- Velocidad de descenso: 42 m/min.
- Velocidad de elevación: 5 m/min.
- Normativa: EN 341, clase: A.
- Certificado CE.

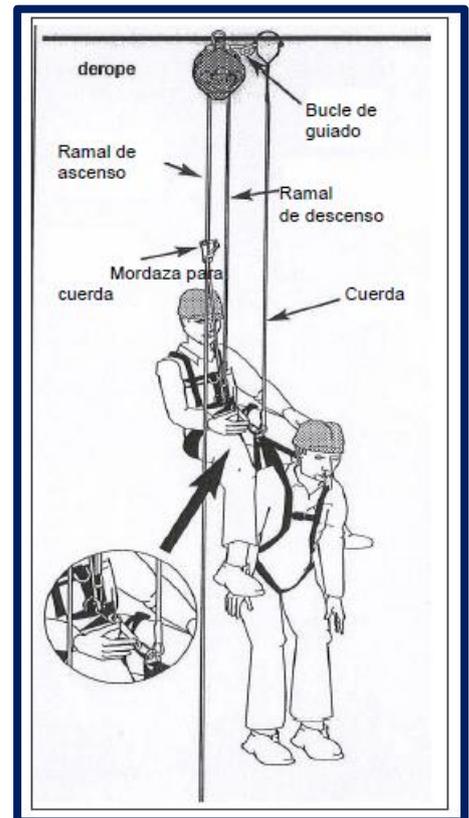
1.3 Funcionamiento del equipo tipo "DEROPE A".

El equipo "DEROPE A" se amarrará a una estructura resistente mediante eslinga. La cuerda de poliamida de alta resistencia tiene dos ramales. El ramal de descenso, por medio del cual la persona es liberada y el ramal de ascenso. La cuerda pasa a través de una polea de fricción montada dentro del mecanismo del equipo. Durante el descenso, la polea activa un freno centrífugo mediante un engranaje que reduce la velocidad de rotación.

La velocidad de descenso de una, o incluso dos personas, se limita automáticamente a 0,7 m/seg.

1.4 Medios mínimos necesarios del equipo tipo.

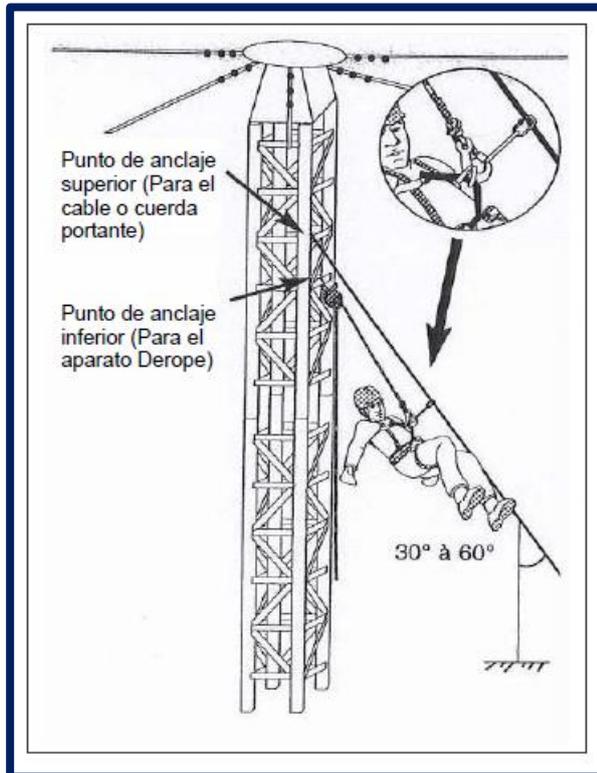
- Equipo de salvamento "DEROPE A".
- Eslinga para fijación del equipo a punto seguro y resistente.
- Mosquetón para unión del equipo y eslinga anterior.



- d. Cuerda de poliamida de 9 mm (alta resistencia) para descenso o subida con gancho para sujeción del personal.
- e. Arnés para rescate.

1.5 Rescate de personal desde la plataforma principal del encofrado deslizante.

Se dispondrá en la plataforma principal del encofrado deslizante durante todo el tiempo que duren los trabajos, del equipo "DEROPE A" y de los accesorios indicados en el punto 1.4 (Medios mínimos necesarios).



1. Colocar el arnés a la persona que se va a liberar.
2. Amarrar el aparato "DEROPE A" en el punto de anclaje (castillete metálico del sistema para transporte vertical de personal y cargas o punto alternativo), usando una eslinga, o directamente mediante el mosquetón del equipo.
3. Tirar del ramal de descenso (el más corto) y enganchar el mosquetón al arnés de la persona que hay que liberar.
4. Comprobar que los mosquetones están correctamente cerrados.
5. Pasar el ramal de ascenso por el bucle de guiado e introducirlo en la brida de bloqueo.
6. Después la persona a liberar debe sentarse en el arnés de salvamento para tensar el ramal de descenso.
7. Soltar el ramal de ascenso de la brida de bloqueo y controlar el descenso.
8. Si se suelta el ramal de ascenso, la persona descenderá a una velocidad de 42 m/min. Puede reducirse la velocidad reteniendo, con la mano, el ramal de ascenso que pasa por el bucle de guiado.
9. Para parar el descenso, frenar el ramal de ascenso

usando el bucle de guiado y colocándolo después en la brida de bloqueo.

10. Una vez que la primera persona ha llegado al suelo, ésta debe quitarse el arnés, colocándolo en el ramal que va a ascender a continuación.

11. Colocar la segunda persona en el ramal de ascenso y continuar con la operación de salvamento. El ramal de ascenso se ha convertido ahora en ramal de descenso.

1.6 Rescate de personal desde la cabina del montacargas.

Se dispondrá en la plataforma principal del encofrado deslizante durante todo el tiempo que duren los trabajos, del equipo "DEROPE A" o similar y los accesorios indicados en el punto 1.4 (Medios mínimos necesarios).

1. Amarrar el aparato "DEROPE A" o similar en el punto de anclaje (castillete metálico del sistema para transporte vertical de personal y cargas), usando una eslinga, o directamente mediante el mosquetón del equipo.

2. Se le facilitará a la persona que se tiene que rescatar de la cabina, el arnés de rescate. El arnés se enviará hasta la cabina desde la plataforma principal del encofrado deslizante, mediante cuerda, recibiendo el mismo por cualquiera de las dos portezuelas practicables que están situadas en el techo de la cabina.

3. La persona que se va a liberar, se colocará el arnés de rescate.

4. La persona se asegurará mediante el mosquetón o gancho de sujeción del arnés a cualquiera de los puntos de amarre instalados en el interior de la cabina.

5. Tirar del ramal de descenso (el más corto) y hacerlo llegar hasta la puerta de la cabina.

6. La persona a liberar, abrirá la puerta de la cabina.

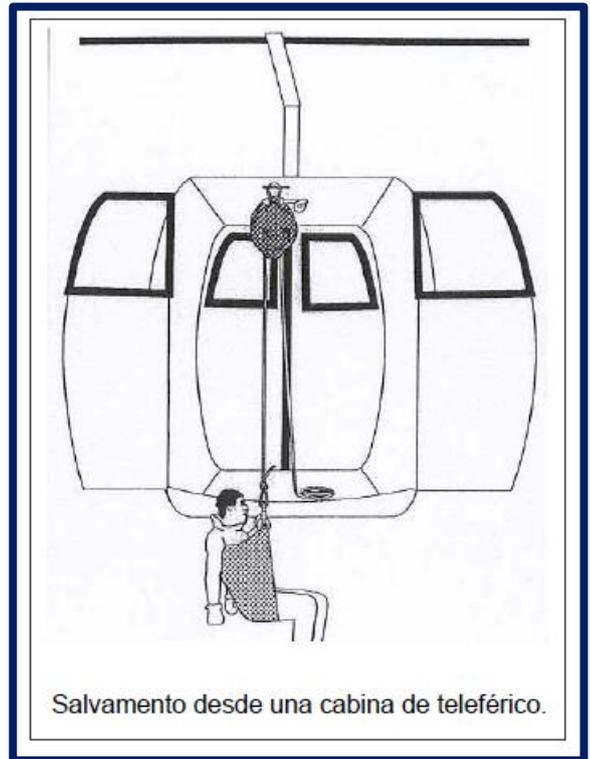
7. La persona a liberar se enganchará el mosquetón o gancho del ramal de descenso al arnés, liberando a continuación, el aseguramiento que tenía realizado a cualquiera de los puntos de amarre del interior de la cabina.

8. Después la persona a liberar saldrá al exterior de la cabina (vacío), quedando tensado el ramal de descenso.

9. Se aplica la misma secuencia e indicaciones que lo indicado en el rescate del punto 1.5, nº 7 a 11.

Las personas especialistas en técnicas de acceso y posicionamiento para trabajos temporales en altura con medios de suspensión individual, conforme al Real Decreto 2177/2004 de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto

1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura, podrán realizar su propia evacuación, utilizando sus equipos conforme al R.D. indicado.



10. PLAN DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

10.1 PLAN DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Se desarrollará para esta construcción un **PLAN DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL** específico, que incluirá como mínimo los siguientes puntos:

- Introducción.
- Antecedentes.
- Objetivo del plan de gestión medioambiental.
- Alcance.
- Definiciones y aclaraciones.
- Aspectos generales. Descripción de la obra.
- Evaluación de la situación.
- Identificación de legislación medioambiental aplicable.
- Identificación de aspectos medioambientales.
- Planificación y objetivos.
- Planificación medioambiental.
- Objetivos y metas de gestión medioambiental.
- Gestión medioambiental en obra.
- Principios generales de la gestión medioambiental.
- Información, consulta y participación de los trabajadores.
- Formación de los trabajadores.
- Estructura organizativa y responsabilidades.
- Actividades, procedimientos y control durante la fase de construcción.
- Papel y cartón.
- Residuos sólidos urbanos.
- Residuos inertes.
- Residuos tóxicos y peligrosos.
- Actuación, registro y seguimiento de incidencias medioambientales.
- Procedimiento a seguir.
- Simulacros.
- Se incluirá el tratamiento de sobrantes de hormigón y limpieza de cubas.

El análisis hasta la raíz de los posibles problemas medioambientales que puedan surgir durante los trabajos, no limitándose sólo a la detección de los mismos, conllevará a una mejora continua de dicha gestión medioambiental.

11. INFORMES MENSUALES Y DE FINAL OBRA

11.1 INFORMES DE SEGUIMIENTO OBRA

Durante la ejecución de la obra, quincenalmente se facilitará al cliente un Informe sobre la misma, que incluirá los siguientes conceptos mínimos:

- Situación general de la obra.
- Análisis de desviaciones.
- Control de Calidad.
- Resumen de Seguridad y Salud Laboral.
- Control Medioambiental.

11.2 INFORME FINAL DE OBRA

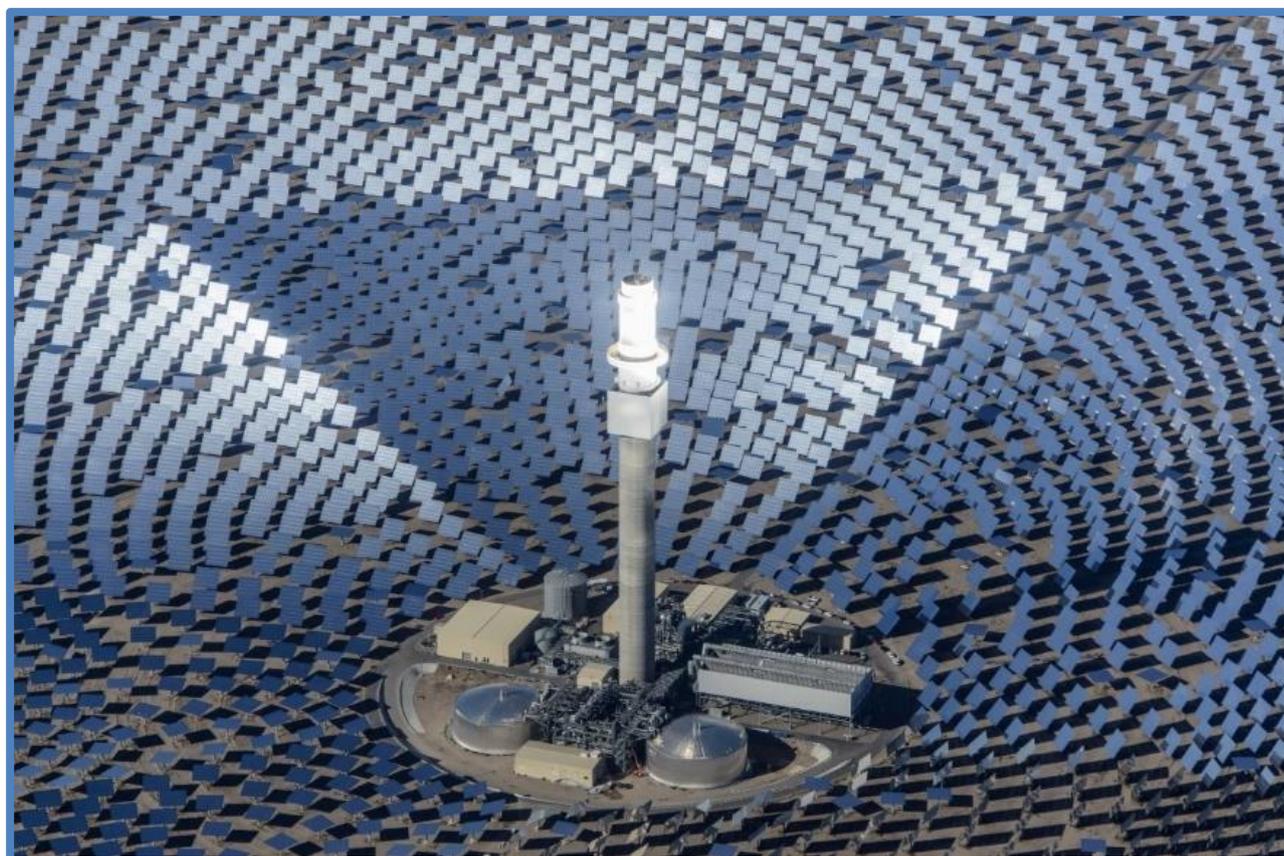
Una vez terminada la construcción, se realizará un Informe Final de Obra compuesto principalmente por los siguientes documentos:

- **Documento 1. SEGUIMIENTO DE OBRA.**
 - A. Resumen de Informes Mensuales.
 - B. Otros informes.
- **Documento 2. CONTROL DE CALIDAD.**
 - A. Plan de Control de Calidad.
 - B. Planos As-Built.
 - C. Programa de Puntos de Inspección.
 - D. Protocolos.
 - E. Control y pruebas requeridos en los PPI.
 - F. Certificados de Calidad.
 - G. Certificados de Calibración de Equipos.
 - H. Homologaciones.
 - I. Desviaciones y Soluciones Adoptadas.
 - J. Listado de empresas y suministradores.
 - K. Puntos pendientes.
 - L. Entrega de materiales.
 - M. Recepción Provisional.
 - N. Informe fotográfico.
 - O. Informe videográfico.
- **Documento 3. SEGURIDAD Y SALUD.**
 - A. Informes mensuales.
 - B. Formación e información de los trabajadores.
 - C. Inspección de máquinas y equipos.
 - D. Índices finales de referencia.
 - E. Investigación de incidentes y/o accidentes.
- **Documento 4. CONTROL MEDIOAMBIENTAL.**
 - A. Identificación de aspectos medioambientales.
 - B. Objetivos y planificación.
 - C. Certificados de Empresas Gestoras.
 - D. Resultados obtenidos.
 - E. Resumen Final.

11. BIBLIOGRAFÍA

11.1 REFERENCIAS

- *(1) Nicolás Barrio García (Ingeniero Industrial). Artículo “El Encofrado Deslizante en la Construcción de Chimeneas Industriales”. Publicación Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Informe de la Construcción, Vol. 36, nº 368, marzo 1985).
- GLEITBAU Ges.m.b.H (página web).
- SCANADA (página web).
- TRACTEL – Derope “A” (página web).
- El autor divulga en este documento su propio conocimiento y experiencia, adquiridos durante más de 35 años realizando construcciones esbeltas de hormigón armado con la técnica del encofrado deslizante.



Planta Solar Crescent Dunes – Tonopah (Nevada-EE.UU.)