

CONSTRUCCIÓN CHIMENEA

DE

HORMIGÓN ARMADO (H: 124,90M.)

SISTEMA CONSTRUCTIVO - ENCOFRADO DESLIZANTE

CONSTRUCCIÓN DEL FUSTE

<<PROCEDIMIENTO DE TRABAJO>>

AUTOR:

GONZALO GARCÍA SOBRINOS

EXDIRECTOR DE CONSTRUCCIÓN DE ALTAC
(ALTERNATIVAS ACTUALES DE CONSTRUCCIÓN, SL).
TÉCNICO P.R.L.

EXPERTO EN CONSTRUCCIONES ESBELTAS DE
HORMIGÓN ARMADO REALIZADAS CON LA TÉCNICA DEL
ENCOFRADO DESLIZANTE, Y EN MANTENIMIENTO Y
REPARACIÓN DE CHIMENEAS INDUSTRIALES.

FECHA: 18.03.2026

TFNO: +34 659 882 586



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 OBJETO.....	4
2. FUSTE CHIMENEA DE HORMIGÓN ARMADO	5
2.1 DIMENSIONES PRINCIPALES DEL FUSTE	5
3. CROQUIS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE.....	6
3.1 SECCIÓN DE ARRANQUE	6
3.2 SECCIÓN FINAL EN CORONACIÓN.....	7
4. GENERAL	8
4.1 PRÓLOGO	8
4.2 DESCRIPCIÓN / INTRODUCCIÓN.....	8
4.3 TURNOS Y FASES DEL TRABAJO	8
5. ENCOFRADO DESLIZANTE.....	10
5.1 TIPO DE EQUIPOS	10
5.2 UNIDADES	12
5.3 CARGAS EN LA ESTRUCTURA DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	12
5.4 PREMONTAJE Y MONTAJE.....	13
6. HORMIGONES.....	15
6.1 ENSAYOS PREVIOS	15
6.2 GENERAL	15
7. HORMIGONADO CON TIEMPO CALUROSO.....	17
7.1 GENERAL	17
7.2 DISEÑO DE LA MEZCLA	17
7.3 FABRICACIÓN DE LA MEZCLA.....	18
7.4 TRANSPORTE.....	19
7.5 PUESTA EN OBRA	19
8. HORMIGONADO CON TIEMPO FRÍO O MUY FRÍO.....	21
8.1 GENERAL	21
8.2 DISEÑO DE LA MEZCLA	22
8.3 FABRICACIÓN DE LA MEZCLA.....	23
8.4 TRANSPORTE.....	24
8.5 PUESTA EN OBRA	24
9. DESLIZAMIENTO DEL FUSTE	26
9.1 GENERAL	26
9.2 HUECOS EN EL FUSTE Y ENCOFRADOS	27
9.3 ACOPIO DE MATERIALES - ARMADURAS	27
9.4 ALUMBRADO	27
9.5 EJECUCIÓN DE TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE.....	28
9.6 PARADAS DURANTE LAS TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	31
9.7 DESMONTAJE DE LAS BARRAS DE TREPADO	32

9.8 DOCUMENTACIÓN	32
10. FINALIZACIÓN DE TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	33
11. DESMONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE.....	34
11.1 GENERAL	34
11.2 ÁREA DE SEGURIDAD	35
12. TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES.....	36
12.1 CROQUIS ENCOFRADO DESLIZANTE+SISTEMA TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES	36
12.2 SISTEMA TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES	37
13. SECUENCIA FOTOGRÁFICA DE LA CONSTRUCCIÓN.....	42
13.1 MONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE	42
13.2 ARRANQUE DEL DESLIZAMIENTO	51
13.3 MONTAJE DEL COLGANTE INFERIOR	53
13.4 DESLIZAMIENTO CON EL SISTEMA DE TRANSPORTE VERTICAL OPERATIVO	55
13.5 DESMONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE.....	65
14. BIBLIOGRAFÍA.....	66
14.1 REFERENCIAS	66

2. FUSTE CHIMENEA DE HORMIGÓN ARMADO

2.1 DIMENSIONES PRINCIPALES DEL FUSTE

Diámetros Exteriores	
Cotas	Ø m.
Arranque +13,400	9,100
+98,300	5,100
+138,300	5,100

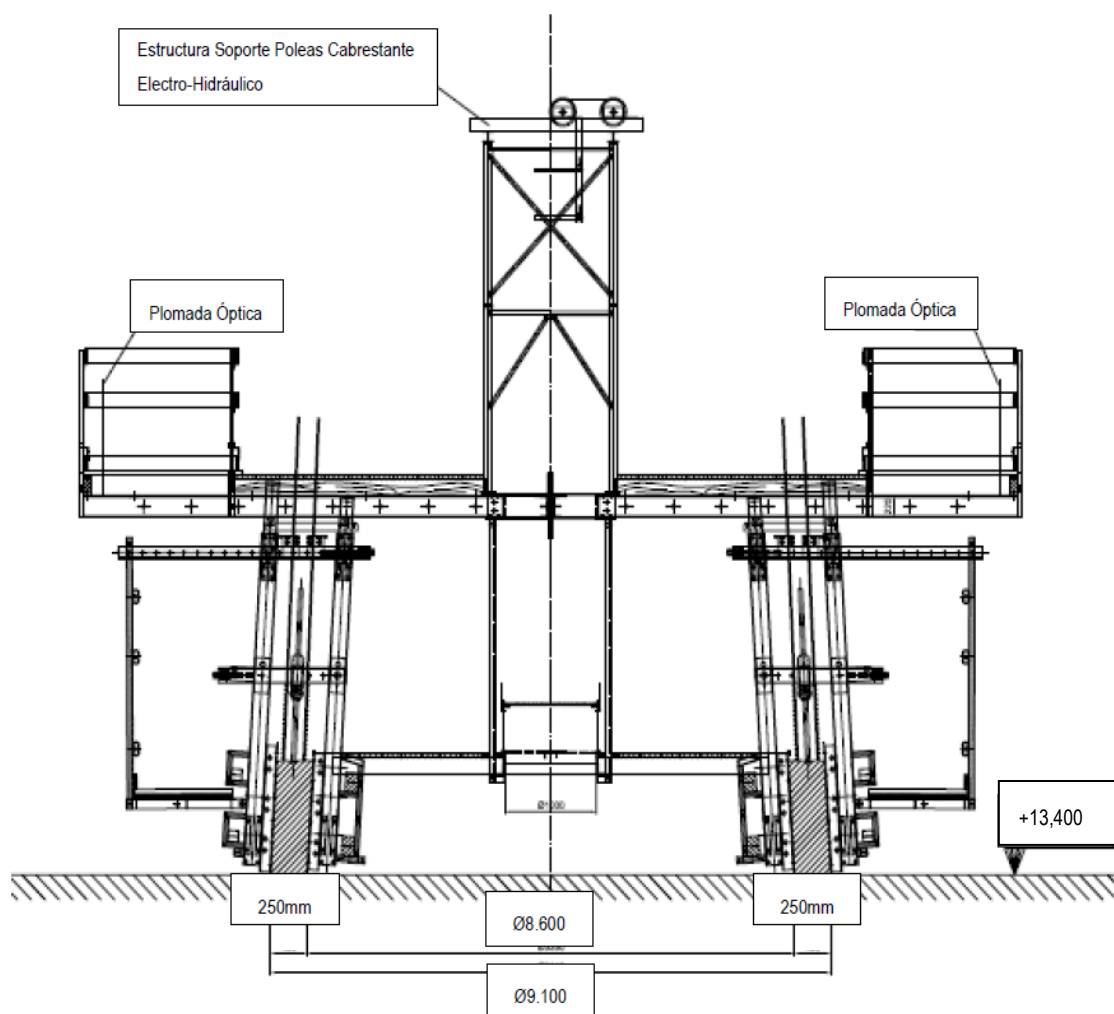
Diámetros Interiores	
Cotas	Ø m.
Arranque +13,400	8,600
+98,300	4,600
+138,300	4,600

Ancho de Muro:	Constante 0,25m.
Altura del Deslizamiento:	124,900m.

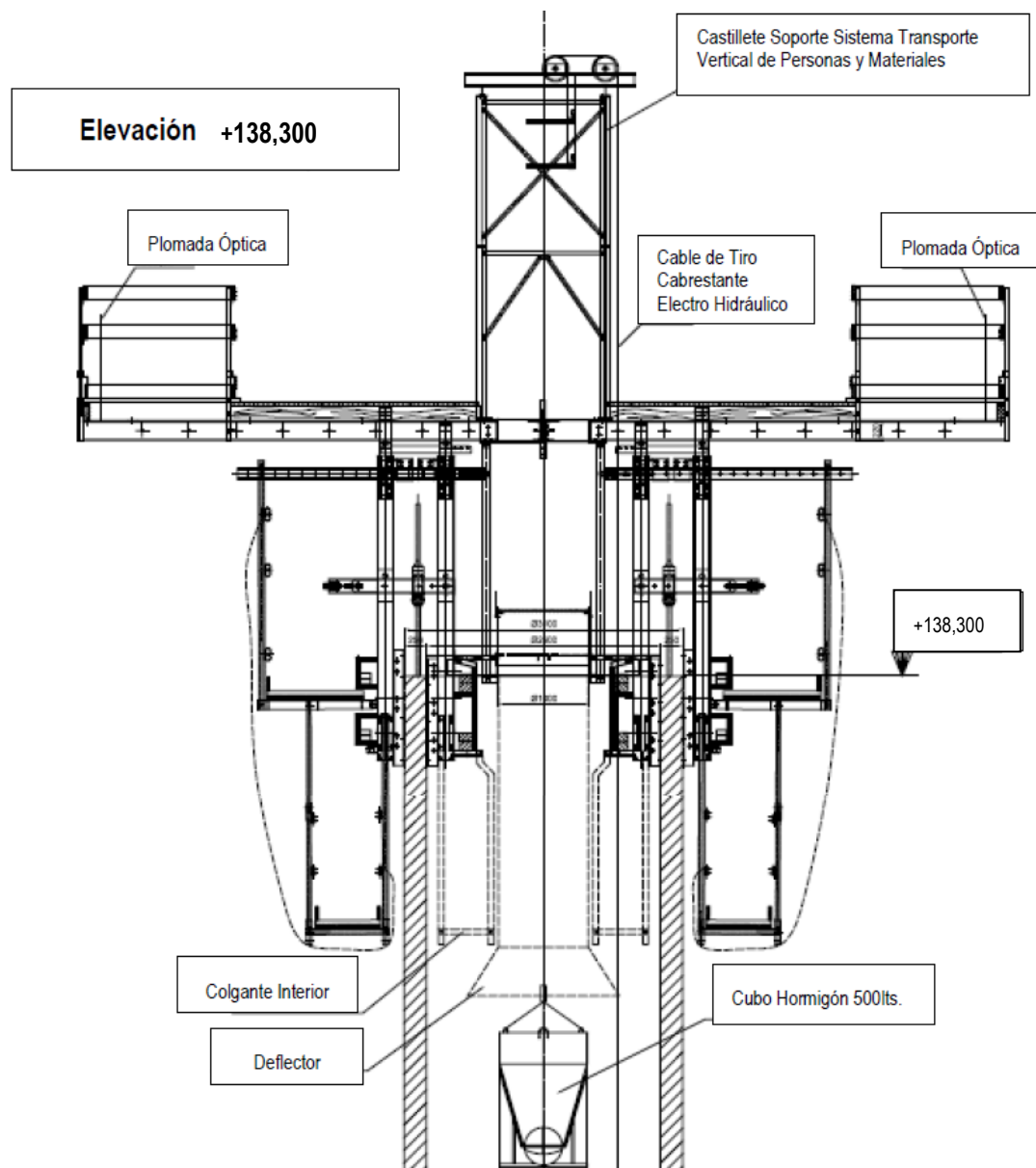
- Planta Chimenea: Circular.
- Fuste: Hormigón armado con sección variable hasta la cota +98,30, resto de sección constante.

3.CROQUIS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

3.1 SECCIÓN DE ARRANQUE



3.2 SECCIÓN FINAL EN CORONACIÓN



4. GENERAL

4.1 PRÓLOGO

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.

La metodología ha sido redactada con el fin de resumir los diferentes aspectos del encofrado deslizante del fuste de la Chimenea, y es una reseña, de las diferentes actividades necesarias para garantizar el éxito del proyecto.

4.2 DESCRIPCIÓN / INTRODUCCIÓN

Construcción del fuste de hormigón armado de la Chimenea, con la tecnología del encofrado deslizante.

El encofrado deslizante se conforma mediante piezas independientes a ensamblar en el lugar de la obra, de acuerdo con la geometría prevista. Las piezas serán montadas directamente y de forma secuencial. Durante el montaje se utilizará una autogrúa con capacidad suficiente, y altura del gancho superior a 8,0m. Durante el proceso del deslizamiento del fuste, para elevación y puesta en obra de los materiales, se utilizará un cabrestante electrohidráulico por el interior de la Chimenea.

Para el montaje del encofrado deslizante en el punto inicial de elevación, es imprescindible que la base sea horizontal, es decir sin escalones ni diferencias de altura.

Los huecos para dejar en el fuste también serán realizados durante las tareas del encofrado deslizante.

4.3 TURNOS Y FASES DEL TRABAJO

1. Turnos y Horarios

- Durante el premontaje, montaje y el desmontaje de los diferentes elementos del encofrado deslizante, solo se habilitará un turno de trabajo por cada 24 horas (10 horas) seis días a la semana, de lunes a sábado.
- Durante el deslizamiento se habilitarán dos turnos de trabajo por cada 24 horas (turnos de 12 horas) siete días a la semana, de lunes a domingo incluyendo festivos.

2. Fases del Trabajo

- Montaje de plataforma provisional para premontaje de las secciones de encofrado deslizante.
- Premontaje externo del encofrado deslizante.
- Comprobación y chequeo de todos los componentes del encofrado deslizante.
- Inicio de las tareas de encofrado deslizante.
- Deslizamiento del fuste.
- Desmontaje del encofrado deslizante.

CONSTRUCCIONES ESBELTAS

5. ENCOFRADO DESLIZANTE

5.1 TIPO DE EQUIPOS

El encofrado deslizante se compone principalmente de:

- Estructura portante.
- Molde.
- Plataforma de servicio nivel principal.
- Plataforma de servicio nivel superior.
- Plataforma de servicio o colgante nivel inferior.
- Equipos de elevación (gatos hidráulicos y barras de trepada).
- Control de verticalidad.

1. 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.

2. Molde

El molde del encofrado deslizante estará compuesto por lamina metálicas que se superponen entre sí, permitiendo la configuración del diámetro y espesor del fuste de la chimenea a cada cota, y se desplazará verticalmente en sentido ascendente mediante procedimiento hidráulico.

En el caso que nos ocupa, tendrá una altura de 1,250 -:- 1,350m (aprox.) 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.
- Otras.

3. Plataforma de servicio (nivel principal)

Estará situada a la altura del borde superior del encofrado. Desde ella se realizarán las operaciones del vibrado del hormigón, montaje de armaduras horizontales, así como, maniobras de manejo y control del encofrado deslizante, y acceso a los gatos hidráulicos de elevación.

4. Plataforma de servicio (nivel superior)

Apoyada en los pórticos principales y secundarios, soporta los reenvíos del sistema para el transporte vertical del personal y materiales; así como, el sistema de gatos hidráulicos de reducción de diámetro y de espesor del muro, y desde ella se realizará el montaje de las armaduras verticales y la recepción del hormigón.

5. Plataforma de servicio – colgante inferior (interior/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 encofrado.

6. Equipos de elevación

El elemento principal del equipo de elevación es el gato hidráulico con capacidad de elevación de 3 -:- 6Ton. por unidad.

Se instalarán los gatos necesarios para todo el desplazamiento vertical ascendente del conjunto del encofrado deslizante. Estos trepan por barras recuperables de acero calibradas de 33,7mm. de diámetro. El diámetro de las barras puede variar en función del modelo de gato de trepada y capacidad de este.

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

A su vez, la bomba se podrá poner en marcha mediante un equipo automático, cuyos desplazamientos de 25mm, se verificarán a intervalos de tiempo previamente seleccionados.

7. Varios

El sistema de encofrado deslizante estará dotado de luces de iluminación para trabajo nocturno, protección contra incendios mediante extintores adecuados, pararrayos temporal, y lonas de protección, que permitan aumentar la seguridad de los trabajadores y la comodidad de estos, eliminando en gran medida la sensación de altura en las plataformas de servicio.

El acceso de los trabajadores al encofrado deslizante se realizará hasta alcanzar la cota +10,00 (aprox.) sobre el nivel de terreno, por un castillete de andamio tubular con escalera inclinada conforme a la legislación vigente o elemento alternativo de acceso. Posteriormente se accederá utilizando un sistema de elevación específico para este tipo de construcción (válido para el transporte vertical de personal y cargas), que constará principalmente de un cabrestante modelo Ferro de 2,5Tn de fuerza de elevación y 90m/min de velocidad máxima. El equipo estará dotado de las medidas de seguridad necesarias, incluyendo un sistema de paracaídas para la cabina de transporte del personal.

El transporte vertical de materiales y cargas en general, desde la base de la chimenea, al nivel del encofrado deslizante, en cada momento o cota superior de la chimenea, se realizará utilizando el sistema de elevación indicado anteriormente. Inicialmente, durante los primeros 10m (aprox.) del deslizamiento, se utilizará una autogrúa.

5.2 UNIDADES

1. Yugos

- + 12 yugos cónicos.

2. Rejilla de vigas

- + 1 pieza central – 12 anclajes a viga.
- + 12 anclajes guía de canal (UNP 220 dobles) 8 x l=4,60 m y 4 x l=3,00 m.
- + 12 separadores.

3. Cierre de encofrado / sistema de sostenimiento de circunferencia

- + 24 piezas de cubierta de encofrado (lamas metálicas).
- + Chapa de cubierta interior y exterior de aprox. alto de 1,25 a 1,35 m.
- + Piezas de encofrado soportadas por pilares – pilares en 3 cotas – pilares siempre entre dos yugos.
- + Lazos de sujeción de circunferencia para la distancia de yugos.

4. Sistema hidráulico

- + 1 estación de bombeo + 1 bomba de repuesto.
- + 12 válvulas y tubos flexibles (manguera reforzada) – para los gatos de elevación.

5. Gatos

- + 12 gatos de 6 toneladas con soporte flexible de gato (un gato por yugo).
- + Los recambios han de estar disponibles en la obra.

6. Barras de trepada

- + Las barras de trepada usadas con los gatos de 6 toneladas son tubos de acero con unas dimensiones de 33,7/4,05mm.
- + Las fuerzas máximas de carga de las barras de trepado son calculadas con los correspondientes factores de seguridad – carga permitida 60 KN/barra.

5.3 CARGAS EN LA ESTRUCTURA DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

1. Las plataformas de trabajo han sido calculadas para las cargas siguientes

- Carga inerte: 0,5 KN/m²
- Carga viva:
 - Plataforma principal externa de 1,50 m de ancho: 2,5 KN/m²
 - Plataforma principal interna de 2,00 m de ancho: 2,5 KN/m²
 - Pasarela colgante de 0,80 m de ancho: 1,0 KN/m²

- Plataforma superior:

2,5 KN/m²

2. Sistema de distribución de hormigón

Está previsto verter el hormigón directamente dentro del molde, desde la plataforma superior con carretillas tipo “niñera” o similar, a través de unas tolvas con tubos verticales flexibles fijadas entre los pórticos del encofrado deslizante. Las carretillas serán cargadas desde un cubo de 500Lts standard, adaptado para descarga vertical y elevado con el cabrestante del sistema de transporte vertical (con autogrúa los 10 primeros metros aprox.).

3. Potencia de elevación

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

- Peso de la estructura de 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 250kp/RM.)

4. Cargas de viento

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

La integridad del sistema está garantizada en condiciones climáticas severas, el trabajo se verá limitado por las velocidades de viento máximas admitidas por la autogrúa (primeros 10m), y las limitaciones de seguridad y confort del personal.

5.4 PREMONTAJE Y MONTAJE

1. Premontaje

Los elementos de encofrado del molde del encofrado deslizante, se premontarán completamente en una base plana de 10m x 10m (plataforma de premontaje) situada próxima a la situación final de la chimenea.

Una vez finalizada la cimentación, las diferentes unidades serán montadas en su posición en la base de arranque.

2. Montaje

El montaje del encofrado deslizante será realizado, una vez se ha colocado el refuerzo horizontal del fuste, hasta una altura de 1,50m, por encima del punto inicial de elevación, según la secuencia siguiente:

- Marcas de nivel en el refuerzo.
- Marcas en el eje y geometría (esquinas, ejes, rincones).
- Fijación de un tablero en la base, a lo largo de la geometría.
- Colocación de elementos de alzado del molde interno, revisión de los elementos de alzado prefabricados y de sus dimensiones.
- Conexión de juntas del molde y largueros.
- Colocación del refuerzo hasta el nivel de elevación +1,50 m en el primer montaje.
- Colocación de piezas de apertura y empotramientos.
- Colocación de los elementos del molde externo y conexión de los elementos.
- Montaje de las traviesas de yugo.
- Colocación de los elementos de la pasarela colgante, al interior y al exterior.
- Colocación de planchas de madera para las pasarelas colgantes – distribución para la instalación durante el deslizado.
- Montaje de un molde extra por parte en caso necesario (cierre del molde entre la cimentación y el molde montado).
- Montaje de las escuadras interiores y exteriores.
- Colocación de las plataformas de madera interiores y exteriores + guías.
- Montaje de gatos de elevación.
- Instalación de suministro eléctrico y alumbrado.
- Montaje de las bombas y de las tuberías hidráulicas.
- Revisión del sistema hidráulico.

6. HORMIGONES

6.1 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 24h./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 por 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 de este.

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.

6.2 GENERAL

1. Mezcla de hormigón

Hormigón tipo H30/A2/20/Grupo H-II (según proyecto).

La mezcla de hormigón necesaria a emplear durante las tareas de encofrado deslizante depende de varios factores: trabajabilidad, tiempo de retardo, velocidad de encofrado, temperatura ambiente del aire, etc. El tiempo de endurecimiento del hormigón debe estar coordinado de tal forma, que la primera capa de hormigón empiece a fraguar cuando 2/3 partes del molde estén llenos.

El tiempo de endurecimiento para el deslizamiento medio de 4,10m/24hrs. (aprox.) debe ser de **unas 5 horas** (solidez de 0,1 N/mm²). **La consistencia del hormigón se aconseja que sea fluida (Cono de Abrams 10-15cm.).**

El hormigón será fabricado en planta externa, sobre la base de la definición específica del proyecto, consensuada con el fabricante y con las características y pautas de suministro indicadas por la dirección de la obra.

CONSTRUCCIONES ESBELTAS

7. HORMIGONADO CON TIEMPO CALUROSO

7.1 GENERAL

Se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- 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.

7.2 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.

Observación: Nunca se deben emplear cementos de alta resistencia inicial y fraguado rápido, ya que estos no son válidos para fabricar hormigones a utilizar con el encofrado deslizante.

7.3 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 sobredosificaciones 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.

7.4 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 esta.

7.5 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 hormigoneros necesarios, en exclusiva para esta actividad (Mínimo 2 camiones hormigoneros).
- 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 hormigonero.
- El tiempo máximo de utilización del hormigón, será de noventa minutos a contar desde la hora de carga en planta del camión hormigonero.
- 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 25cm (± 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 (como las agujas de un reloj) de forma progresiva.
- El vertido de grandes montones de hormigón 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 (nº 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 termómetros como mínimo en tres puntos situados a 120º entre ellos, colocados 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).
- Se realizará el correspondiente curado del hormigón una vez que este salga por debajo del molde del encofrado deslizante, debiendo aplicar pulverizando en el muro interior y exterior de la construcción, dos veces por turno de trabajo, un agente químico que forme una película en el hormigón para evitar la pérdida superficial de agua en él mismo, tipo Sika Antisol-3E o similar.

8. HORMIGONADO CON TIEMPO FRÍO O MUY FRÍO

8.1 GENERAL

Se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- 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 1.000W. (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 mantas térmicas eléctricas o solución alternativa, 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 el interior de la construcción, por lo que, en caso de necesidad y temperaturas muy bajas o extremas, deben instalarse calentadores industriales (cañones industriales de aire caliente o similar) en la base interna de la misma, para contrarrestar las bajas temperaturas, y mejorar las condiciones ambientales alcanzando temperaturas por encima de los 0°C.

- 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.

8.2 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 o normas posteriores. 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 o normas posteriores.

Al momento de diseñar el hormigón, es necesario conocer las características ambientales a las que estará expuesto, la temperatura, la humedad relativa y el viento. Además de la cantidad a hormigonar, es muy importante la relación volumen/superficie. Todo ello tiene gran importancia, no pudiendo por tanto ser ignorado. Bajo temperaturas frías es recomendable diseñar mezclas utilizando mayor cantidad de cemento o cementos con mayor resistencia, y el uso de la mezcla agua/cemento lo más bajo posible. Al hacerlo, se acelerará la velocidad del tiempo de fraguado del hormigón, su temperatura aumentará y, por lo tanto, disminuirá el riesgo de heladas internas. También es recomendable el uso de aditivos polifuncionales y anticongelantes, que permitan un rápido inicio del fraguado (con la hidratación térmica requerida) y reduzcan el punto de congelación del agua del amasado (evitando roturas por aumento de volumen debido al agua congelada en el hormigón inicial). No es recomendable el uso de aditivos que contengan cloruros en la masa del hormigón.

Dependiendo de las condiciones particulares de este trabajo, se recomienda para la mezcla el uso de cemento con alto calor de hidratación y aditivos como:

➤ **Acción Sobre la Consistencia – Relación Mezcla Agua/Cemento:**

- Reductores de Agua / Calidad Superplástica (Glenium 617 o similar).

➤ **Acción Específica para Temperatura Fría:**

- Aditivo Incorporador de Aire (Sika Control-4AER o similar). Aumenta la resistencia al daño por congelación y descongelación cíclica.
- Anticongelante (Sika Antigel o similar). Reducción del punto de congelación del agua. Alta resistencia a la influencia de las sales del deshielo.

Observación: *Nunca se deben emplear cementos de alta resistencia inicial y fraguado rápido, ya que estos no son válidos para fabricar hormigones a utilizar con el encofrado deslizante.*

8.3 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 utilización 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 estos. 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 sobredosificaciones 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 de los silos de almacenamiento en el momento de dosificarle para realizar la mezcla de hormigón.

8.4 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 en obra sea la adecuada, o bien, empleando reductores de agua que colaboren en el mantenimiento de esta.

8.5 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 (Mínimo 2 camiones hormigoneras).
- 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 25cm. (± 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 (como las agujas de un reloj) de forma progresiva.
- El vertido de grandes montones de hormigón 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 tres puntos situados a 120° entre ellos, colocados 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).

9. DESLIZAMIENTO DEL FUSTE

9.1 GENERAL

1. Velocidad del deslizamiento

Programado: una media de 4,10m de altura (aprox.) / 24horas.

2. Llenado del molde

La primera capa o tongada de hormigón para empezar a llenar el molde, se recomienda que sea de un hormigón con árido máximo de 6-12mm y consistencia fluida (14-15cm cono Abrams), facilitando así, la unión entre el hormigón de la cimentación y el nuevo hormigón del fuste, quedando garantizada la calidad final de la junta en este punto, al eliminarse en gran medida la posibilidad de formación de nidos de grava, coqueras, recrecidos, etc.

El retardo de fraguado de la mezcla del hormigón para el llenado del molde puede ser de 4-6horas.

3. Vertido del hormigón

El vertido del hormigón debe realizarse siempre en el mismo sentido (como las agujas de un reloj), en capas o tongadas regulares de 25cm (± 5 cm). El hormigón debe ser compactado por vibración con vibradores de alta frecuencia con cabezas de aguja $\varnothing$ 50-60-70mm según necesidades. Para muros de ancho igual o superior a 40cm, emplear agujas de $\varnothing$ 90mm. Profundidad máxima de vibrado = 40cm.

4. Recubrimiento del hormigón

Para garantizar que el refuerzo tiene el recubrimiento de hormigón correcto, se dispondrá de espaciadores de acero (adaptados al recubrimiento de hormigón) montados en la parte superior del encofrado. El largo debe ser de 20cm máximo.

5. Tratamiento / curado posterior

La superficie de hormigón que se encuentra por debajo del molde de encofrado podrá ser repasada para tener el acabado que se requiera, y desde las pasarelas colgantes se procederá a su curado mediante tratamiento químico superficial.

6. Limpieza de plataformas y del alza de molde

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

9.2 HUECOS EN EL FUSTE Y SUS ENCOFRADOS

1. *Tamaños*

Todos los huecos a través de los muros deben ser 15mm más estrechos que el grosor de los muros relevantes y suficientemente sólidos como para resistir al hormigón húmedo.

2. *Materiales*

En los huecos mayores de 50 x 50cm se deben usar tablones, y para huecos más pequeños se puede usar poliestireno.

3. *Encofrados y embebidos en el molde*

Todas las inserciones deben estar ancladas para evitar levantamientos (encofrados de madera y embebidos metálicos).

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

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

9.3 ACOPIO DE MATERIALES - ARMADURAS

La elevación de las armaduras de refuerzo será realizada con el cabrestante electrohidráulico por el interior de la construcción, en paquetes de 500kg (máximo).

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

La armadura horizontal llevará la curvatura con el radio correspondiente, para facilitar su montaje.

Las barras en U del refuerzo horizontal y las uniones deben ir detalladas con el fin de fijarlas por debajo de los yugos.

Almacenamiento en la plataforma superior (armadura vertical), así como en las plataformas interior y exterior del nivel del molde del encofrado (armadura horizontal).

9.4 ALUMBRADO

Debido a que las tareas se realizarán tanto de día como de noche (vertido del hormigón las 24 horas) es necesario un alumbrado en los distintos niveles del encofrado y a nivel del suelo.

1. *Nivel del suelo*

Alumbrado suficiente para:

- Plataforma de premontaje.
- Áreas de almacenamiento.
- Oficinas, comedores, aseos y vestuarios.
- Vías de acceso.

2. En el encofrado

- **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 electrohidráulico.
- **Plataforma de trabajo intermedia:** Se colocará pantalla fluorescente estanca o foco halógeno de 200W, por cada hueco entre yugos.
- **Plataforma inferior o colgante (exterior/interior):** Se colocará pantalla fluorescente estanca o foco halógeno de 200W por cada hueco entre yugos.
- **Con tiempo frío,** las pantallas fluorescentes o focos halógenos de 200W, pueden ser sustituidos por focos halógenos de 500-1.000W para colaborar a mejorar la temperatura ambiente y facilitar el fraguado del hormigón.

9.5 EJECUCIÓN DE TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

1. Comienzo

Antes de iniciar las tareas del encofrado, se realizarán las siguientes condiciones y pruebas

- Con días de antelación deben realizarse ensayos previos para definir las mezclas de hormigón más idóneas y controlar el tiempo de endurecimiento de estos.
- Protocolo con la revisión geométrica y de espesor del muro 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 la 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.
- Al menos, el 50% de todas las armaduras del fuste se encontrarán acopiadas en la obra.
- Todas las partes que irán embebidas en el muro se encontrarán acopiadas en la obra.
- Instalación y revisión de las barras de trepado.

- Limpieza con agua a presión de las plataformas de trabajo y del molde del encofrado, 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.

2. Inicio de las tareas de hormigonado

La tarea de llenado del molde debe realizarse en capas o tongadas de 25cm (± 5 cm), siempre vertidas progresivamente en el mismo sentido (como las agujas de un reloj).

El tiempo de endurecimiento del hormigón debe ser determinado de tal forma que, la primera capa o tongada haya fraguado cuando un 80% del molde esté lleno, y el arranque del encofrado pueda llevarse a cabo. Antes del primer izado del molde, todos los cables de acero que estén fijados al nivel de montaje en los refuerzos metálicos y en anclajes, deben ser soltados, y fijados de nuevo en los niveles inferiores de los yugos, de tal forma que, desde el yugo principal hasta el yugo nº2, los cables estén cruzados.

Tras aproximadamente 1,00m de deslizamiento, las ruedas de las patas exteriores de los yugos deben ser montadas, y tras el segundo metro deslizado, deben ser montadas, las plataformas colgantes interiores y exteriores, con sus respectivos suelos, barandillas, pasamanos y rodapiés.

3. Primer izado

Los primeros izados se realizarán después del endurecimiento del hormigón de la primera capa o tongada y cuando la segunda capa o tongada 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 con un instrumento óptico.

4. Encofrado deslizante de los 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 15mm es necesario repetir este proceso durante los 2 turnos de trabajo siguientes. Tras estas 3 revisiones y probables correcciones, será necesario hacer una revisión al día. Habrá que seguir controlando que el “muro blando” en el molde no sobrepase 1,00m de alto (largo de la pieza de encofrado: 1,25m), de lo contrario, las tolerancias del hormigón no estarán garantizadas (se fijará una constante de 0,90m para garantizar la precisión adecuada). Los suelos de la plataforma colgante estarán compuestos por tabloncillos con un grosor de al menos 50mm, y tendrán que ser de una madera de excelente calidad; sus extremos deberán llevar protección contra las caídas (rodapié), con tabloncillos cruzados atornillados de al menos 15cm en ambos extremos de la plataforma. Además, en los frentes exterior e interior de la plataforma colgante, así como en las plataformas superiores interior y exterior, se colocarán tabloncillos de 12cm de alto por 3cm de grosor = una de las caras

irá fija y la otra suelta, debido a la reducción de diámetro. Los pasamanos de las plataformas colgantes han de ser instalados en la cara interior y la cara exterior de las plataformas. Directamente después de haber colocado las piezas de la plataforma colgante, es necesario instalar redes o cubiertas de nailon, y deberán ir montadas desde el pasamanos superior de la plataforma exterior y hasta el pasamanos interior de la plataforma colgante exterior.

4.1 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 de la pieza de molde = 1,25m) para garantizar así la precisión requerida. El tiempo de endurecimiento debe ser monitorizado con una barra de acero de 10mm colocada dentro del hormigón blando, para así establecer el nivel de endurecimiento dentro del molde.

4.2 Molde vacío

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

4.3 Pasarela colgante

Tras el deslizamiento de los primeros 2,0m hay que montar la plataforma colgante (interior y exterior).

Las piezas de la pasarela colgante van colocadas sobre las patas del yugo. Tras la colocación del suelo, barandillas y pasamanos, se coloca la red de seguridad y las lonas de protección.

4.4 Acceso entre plataformas

Con el fin de que las plataformas de trabajo y la pasarela colgante estén intercomunicadas, es necesaria la instalación de escaleras de aluminio o similar entre las mismas. La posición en los diferentes niveles debe ser entre dos yugos.

5. Mantenimiento continuo del encofrado deslizante

5.1 Personal

Se dispondrá como mínimo de 2 técnicos especializados en el encofrado deslizante durante el montaje, deslizado y desmontaje, con sus respectivos ayudantes.

5.2 Deslizamiento continuo tras dos izados

- Ajuste de la bomba hidráulica
- Nivelación del encofrado deslizante con manguera de agua o con dispositivo óptico mínimo a partir del 2º día.
- Colocación y desplazamiento del dispositivo de nivel (dispositivo a distancia) cada 50cm de izado.
- Izado del encofrado deslizante por encima de los niveles para el dispositivo de nivelado.
- Control de funcionamiento de todos los gatos de izado.

- Montaje de la pasarela colgante interior/exterior después de unos 2,00m de deslizamiento.
- Montaje de redes de seguridad por debajo de la pasarela colgante en la parte exterior e interior.
- Conexión de los entramados al encofrado deslizante.
- Control diario de la seguridad en plataformas, pasamanos, estructura del encofrado deslizante, etc.

5.3 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 chimenea con cables cruzados, deben realizarse cuando el encofrado deslizante se nivela durante la comprobación de la verticalidad mediante plomada (4 cables cruzados – desde el yugo principal superior hasta la parte inferior de los yugos – nivel del eje de la circunferencia – Total: 8 cables).

6. Deslizamiento en condiciones adversas (tormenta, viento, etc.)

El encofrado deslizante estará asegurado en caso de tormenta o fuertes vientos, de acuerdo con los cálculos. Si las previsiones meteorológicas predicen tormentas o fuertes vientos, se montarán en la estructura del encofrado unos trácteles con cables de acero cruzados a modo de abrazaderas, 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 caso de fuertes vientos es posible, siempre que se usen arneses de seguridad si el viento supera los 20-25m/s.

El encofrado deslizante, contará con un sistema de pararrayos y su correspondiente toma de tierra.

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

9.6 PARADAS DURANTE LAS TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

1. Paradas previstas o imprevistas

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

- El hormigón debe llevar un nivel común en el molde 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 24h 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.

2. Parada de emergencia

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

- El molde debe ser izado muy lentamente y hay que proceder a limpiarlo.
- Antes del reinicio de las tareas debe eliminarse la posible lechada de cemento superficial del muro 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.
- El nuevo llenado del molde del encofrado debe realizarse conforme a lo ya indicado anteriormente, en el apartado 9.5.

9.7 DESMONTAJE DE LAS BARRAS DE TREPADO

El desmontaje de las barras de trepado será realizado después de la finalización de las tareas del encofrado deslizante. En construcciones con altura superior a los 50m, el desmontaje y recuperación de las barras, puede realizarse periódicamente y de forma progresiva, para volver a colocarlas varias veces en el transcurso del deslizamiento, optimizando así, el número de estas durante toda la obra.

9.8 DOCUMENTACIÓN

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

- Revisión del encofrado antes del inicio de las tareas del deslizamiento.
- Diario del deslizamiento incluyendo por cotas: espesores de muro, diámetro, altura deslizada y cotas de incidencias en él mismo.
- Revisión de seguridad durante las tareas del encofrado (en caso de rectificaciones o modificaciones).
- 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 diario de la temperatura ambiente.
- Informe final con toda la documentación.

10. FINALIZACIÓN DE TAREAS DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

Tras haber terminado las tareas de vertido del hormigón, el encofrado deslizante debe ser izado con la velocidad habitual unos 40cm de altura sobre la cota final de la chimenea, permaneciendo en contacto con el hormigón. Hay que realizar varios izados hasta que el hormigón haya fraguado por completo para evitar partículas pegadas en el molde.

A continuación, la estructura del cabrestante del transporte vertical de personal y materiales será colocada en la parte superior del muro, para la siguiente fase de los trabajos en la chimenea. Los elementos del encofrado deslizante deben ser desmontados previa instalación de las correspondientes vigas de apoyo.

Posteriormente, se pueden iniciar las tareas de desmontaje de la estructura del encofrado deslizante.

11. DESMONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE

11.1 GENERAL

Tras haber fraguado por completo el hormigón, se procederá al desmontaje de todo el conjunto del encofrado deslizante. Todos los elementos y componentes serán bajados a la base de la chimenea mediante el cabrestante electrohidráulico de 2,5Tn o similar.

Se puede considerar que esta fase del trabajo es la más crítica de todo el proceso, por lo que se tendrán en cuenta las siguientes indicaciones:

- Se extremarán las medidas de seguridad en el trabajo.
- Durante las operaciones de desmontaje, en el recinto sólo estará presente el personal designado para dichas tareas.
- Corte de las armaduras verticales sobrantes y remates en el muro superior.
- Se montará una estructura provisional sobre la parte superior del muro de hormigón, para reubicar el castillete o estructura soporte del sistema de transporte vertical con el cabrestante electrohidráulico de 2,5Tn o similar.
- En primer lugar, todos los objetos sueltos deben ser retirados del encofrado, y 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 tablones de madera que se encuentran entre los canales de los 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 progresivo de la plataforma inferior o colgante (interior y exterior).
- Soporte temporal del núcleo central.
- 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.
- Limpieza en la base de la chimenea, de todos los componentes del encofrado deslizante desmontados.

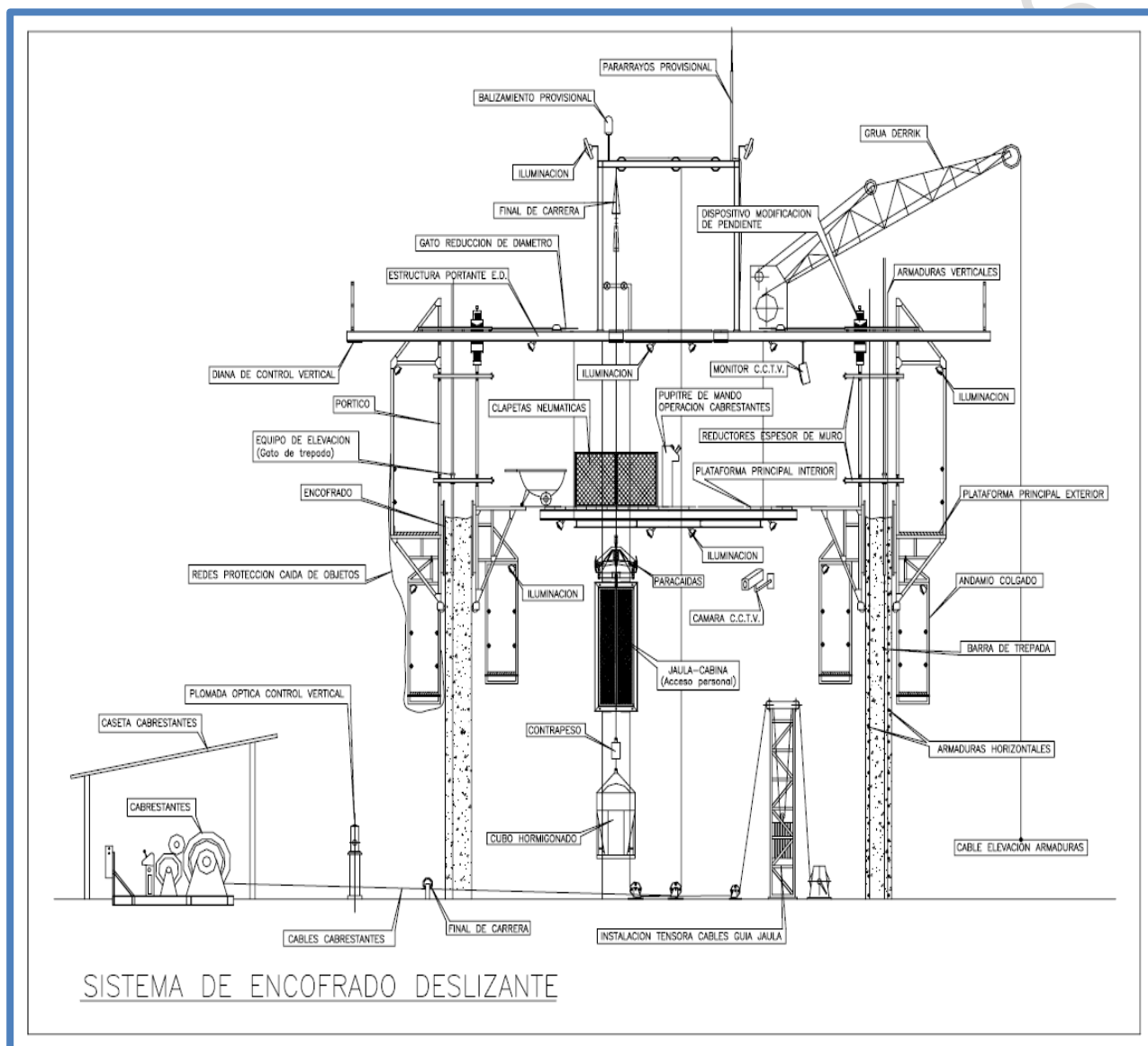
11.2 ÁREA DE SEGURIDAD

Previamente al inicio del deslizamiento y durante toda la construcción, incluyendo la fase del desmontaje del encofrado, se fijará un área de seguridad en la base de la chimenea, de unos 25m (mínimo) de radio, restringiendo en esta zona, el acceso de todo el personal ajeno a los trabajos.

CONSTRUCCIONES ESBELTAS

12. TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES

12.1 CROQUIS ENCOFRADO DESLIZANTE + SISTEMA TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES

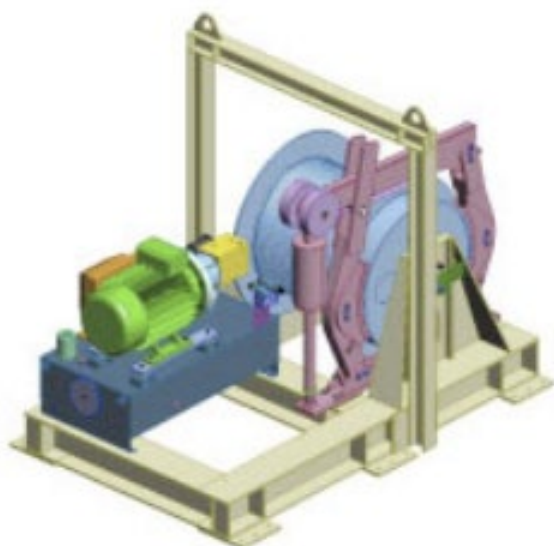


12.2 SISTEMA TRANSPORTE VERTICAL DE PERSONAS Y MATERIALES

El sistema para transporte vertical de personas y materiales estará dotado de las medidas de seguridad necesarias, incluyendo un sistema de bloqueo, denominado paracaídas para la cápsula-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 del cabrestante, que paraliza el equipo cuando detecta que el cable de tiro o tracción no tiene la tensión adecuada.

El cabrestante electrohidráulico tipo FERRO o similar, se puede utilizar para el transporte vertical de personas y cargas a las plataformas de trabajo del sistema del encofrado deslizante.

Cabrestantes de personal



Principales Datos Técnicos:

- Cabrestante electrohidráulico.
- Potencia del motor eléctrico 45Kw.
- Capacidad de carga útil 2,5Tn.
- Velocidad variable hasta 90m/min.
- Hasta 5 velocidades seleccionables.
- Longitud del tambor 800mm.
- Cable de tiro de 18mm de diámetro, tipo superflex 35x7+0 (antigiratorio).
- Carga de rotura del cable no inferior a 28Tn.
- Capacidad de enrollamiento de cable variable (en tres capas 350m).

- Cumple con el Reglamento de Seguridad en las Máquinas (Real Decreto 1435/1992 de 27 de noviembre).
- Conformidad de fabricación con Norma UNE 22-010-90.
- Homologado con certificado CE.

El transporte vertical de materiales y personas durante el deslizamiento con el encofrado deslizante de la chimenea, y fases posteriores de la construcción, se realizará mediante la disposición de un sistema de elevación específico para este tipo de trabajos, que se encuentra debidamente detallado en el croquis correspondiente.

El sistema consta principalmente de un cabrestante electrohidráulico Marca FERRO o similar, encontrándose ampliamente experimentado durante más de 25 años en la construcción, y reparación de todo tipo de chimeneas industriales, describiéndose a continuación sus componentes más destacados. **Se facilitará declaración de conformidad CE del cabrestante, verificación de la instalación y funcionamiento por parte de empresa auditora competente.**

➤ **Cabrestante.**

El cabrestante del tipo electrohidráulico está diseñado para elevar la cabina del montacargas a alta velocidad con desplazamiento por un solo cable, pero con la posibilidad de aproximarse a los niveles de parada a una velocidad lenta controlada.

⇒ **Marca:** FERRO o similar.

⇒ **Características:**

Capacidad de carga: 2.500kg.

Velocidad del cable: 0 a 90m.p.m.

Mando: Manipulador con 5 puntos de velocidad en cada sentido.

⇒ **Motor eléctrico:**

El motor eléctrico con una potencia de 60HP, permanece conectado durante la jornada de trabajo, no siendo necesario su arranque y parada para realizar las maniobras de movimiento de la carga. Estará protegido contra sobrecargas, inversión de fase, etc.

⇒ **Transmisión:**

La transmisión de potencia desde el motor eléctrico hasta la caja reductora se realiza mediante una bomba de caudal variable, y un motor de caudal fijo (de pistones axiales), trabajando en circuito cerrado hidrostáticamente. El control de las velocidades se realiza mediante el manipulador por control remoto, consiguiéndose una gran precisión, tanto en el posicionamiento de las cargas, como, de las aceleraciones.

La aceleración en el arranque, como en la parada, está limitada a 1m.p.s. mediante el propio sistema. Se puede realizar una inversión bruscamente en el manipulador

(velocidad máxima subiendo, a velocidad máxima bajando), sin que la carga sufra una aceleración superior a 1m.p.s.

⇒ Reductor:

La caja reductora de tipo epicicloidal está atornillada en un lateral del tambor, sirviendo de soporte al mismo tiempo. El motor hidráulico está unido directamente al 1^{er} tren de reducción, eliminando cualquier problema de desalineación.

⇒ Tambor:

El tambor para el enrollamiento del cable en multicapa está roscado al paso del cable en toda su longitud. Por un extremo, está apoyado sobre la caja reductora, y por el otro, sobre un soporte con rodamiento oscilante, lo que le permite ajustarse a las deformaciones sufridas por el bastidor.

⇒ Polea de freno:

La polea de freno, para el freno de trabajo y de emergencia, está mecanizada directamente en el tambor, formando un solo conjunto con el mismo.

⇒ Frenos:

Por el sistema se controla la parada precisa de la carga en cualquier punto del recorrido, pasando a caudal cero la bomba, al colocar en punto muerto el manipulador. La carga permanecerá inmovilizada mediante el freno de trabajo, mientras la bomba suministre caudal al motor, siendo automático el funcionamiento del freno.

En caso de rotura hidráulica o mecánica, actuará el freno de emergencia, independientemente de la posición del manipulador.

Este freno actuará también, en caso de irregularidades: sobre-velocidad, finales de carrera de seguridad, pedal de hombre muerto, etc.

Se dispone de enclavamientos, que impiden la puesta en marcha del cabrestante, si no están operativos los sistemas de frenos, control de bomba, etc.

➤ **Cable elevador.**

El cable único del elevador es de 18 mm de diámetro, tipo superflex 35 x 7 + 0 (antigiratorio) o similar. Va desde el tambor del cabrestante, hasta la polea receptora de la viga celosía instalada previamente en la coronación de la chimenea. En la viga celosía indicada anteriormente existe una segunda polea que hace de retorno enviando el cable de tiro por el centro de la chimenea hasta la cabina del elevador, que discurrirá por el interior de la construcción.

El cable tendrá una carga de rotura no inferior a 28Tn.

➤ **Torno superior.**

Es un bastidor soldado o atornillado, acanalado, que contiene dos poleas de diámetro suficiente para adaptarse al cable del elevador, las poleas van montadas en cojinetes de bolas estancos, sobre elementos de montajes especiales, y todo el conjunto se integra en una viga celosía o similar, fijada en la coronación de la chimenea.

➤ **Cables guía.**

Los dos cables guía de la cabina, son de hilo de acero de Ø14mm. Van sujetos a la viga celosía (o similar), donde queda instalado el torno superior y bajan por el interior de la construcción, hasta un dispositivo tensor colocado en la base de esta.

➤ **Cabina para pasajeros.**

La cabina para pasajeros es una construcción a base de un bastidor y un piso metálicos o de madera muy sólido, con paredes y techo de chapa de acero (paredes de chapa perforada). Lleva una puerta con doble hoja para acceso, que se acciona manualmente. Está proyectada para 2-3 personas, con un espacio interior de 0,70x0,70x2,00m (aprox.). La puerta lleva un cerrojo de seguridad, de tal forma, que no se pueda producir una apertura involuntaria de la misma.

La cabina va suspendida del cable elevador mediante un dispositivo de seguridad llamado paracaídas, estando impedido su giro, por el dispositivo especial de los cables guía.

➤ **Control emisor-receptor.**

Este sistema se acciona con el control situado en la plataforma de trabajo interior. Al cargar el elevador en tierra, el operario maquinista que está en la referida plataforma, arrancará la elevación del montacargas y lo controlará hasta su destino.

Opcionalmente, también se podrá controlar el elevador desde el pupitre de mandos instalado en el propio cabrestante en la base de la instalación.

➤ **Dispositivos de seguridad.**

Los dispositivos de seguridad que lleva instalado el sistema de elevación son los siguientes:

- ⇒ **En el punto de parada superior:** Límite de trayecto ascendente accionado mecánicamente y de reconexión automática.
- ⇒ **En el punto de parada de la plataforma principal de trabajo:** Interruptor manual para corte del suministro de alimentación eléctrica.
- ⇒ **En el punto de parada inferior:**
 - Límite de trayecto descendente y reconexión automática instalado en el tambor del cabrestante.
 - Interruptor manual para corte del suministro de alimentación eléctrica en el pupitre de mandos.

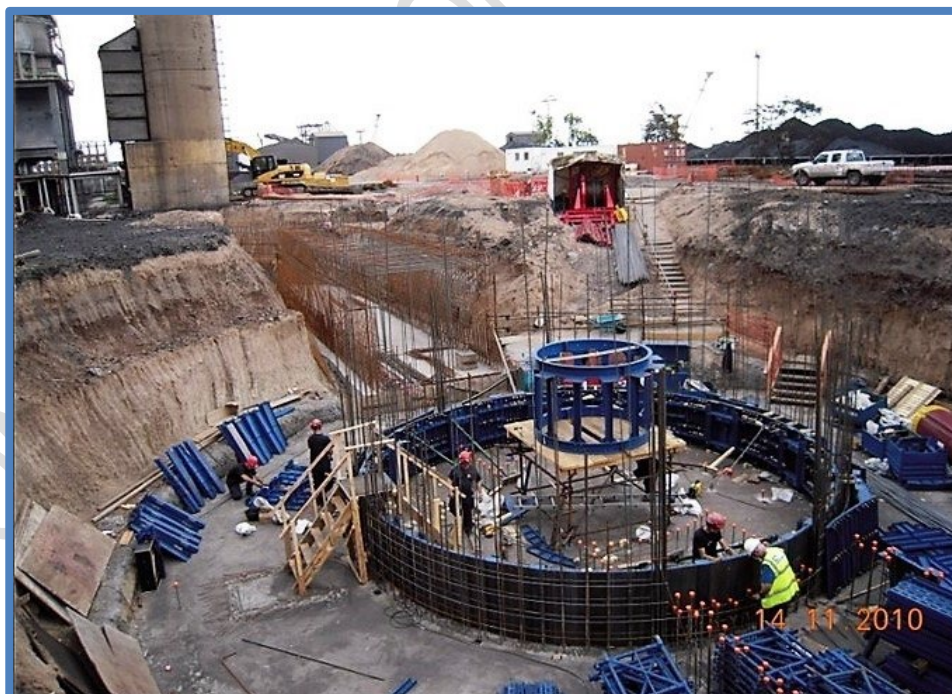
- ⇒ **Interruptor de cable flojo:** Como medida complementaria de seguridad se ha previsto un dispositivo automático (rodillo cortacorriente), que instalado en el recorrido del cable entre el tambor del cabrestante y la polea móvil de la base de la chimenea, detiene inmediatamente el cabrestante en el caso de que el cable de elevación perdiese la tensión de trabajo habitual, o de que, el tambor soltase demasiado cable.
- ⇒ **Paracaídas:** Se ha previsto un freno de seguridad en la cápsula-cabina para pasajeros. Este freno actúa de manera automática en el poco probable caso de rotura del cable de elevación, impidiendo la caída de la citada cápsula-cabina, la cual quedaría inmovilizada y suspendida de los cables guía, por acúñamiento instantáneo del paracaídas.

13. SECUENCIA FOTOGRÁFICA DE LA CONSTRUCCIÓN

13.1 MONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE





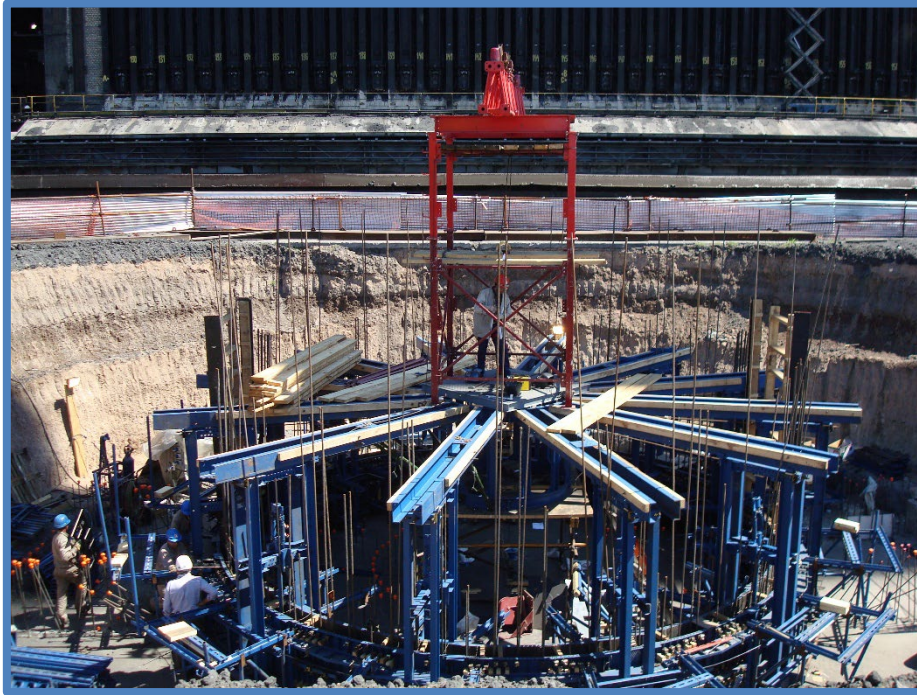


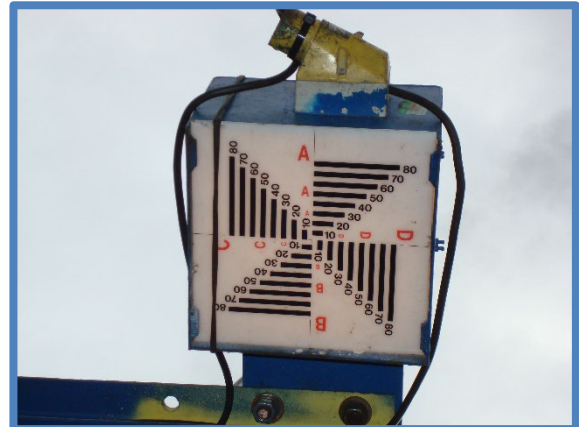












13.2 ARRANQUE DEL DESLIZAMIENTO





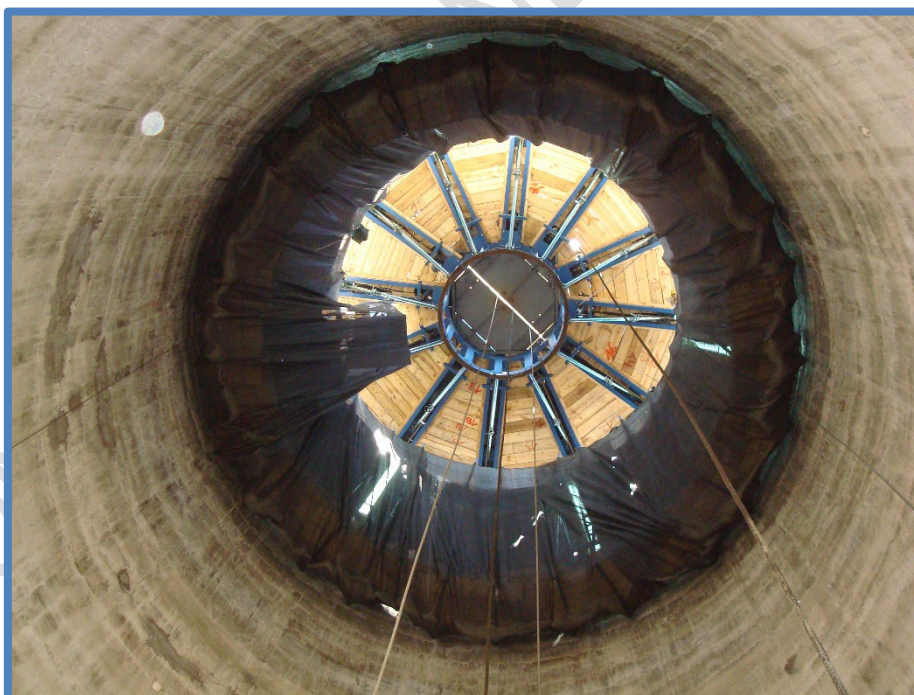


13.3 MONTAJE DEL COLGANTE INFERIOR



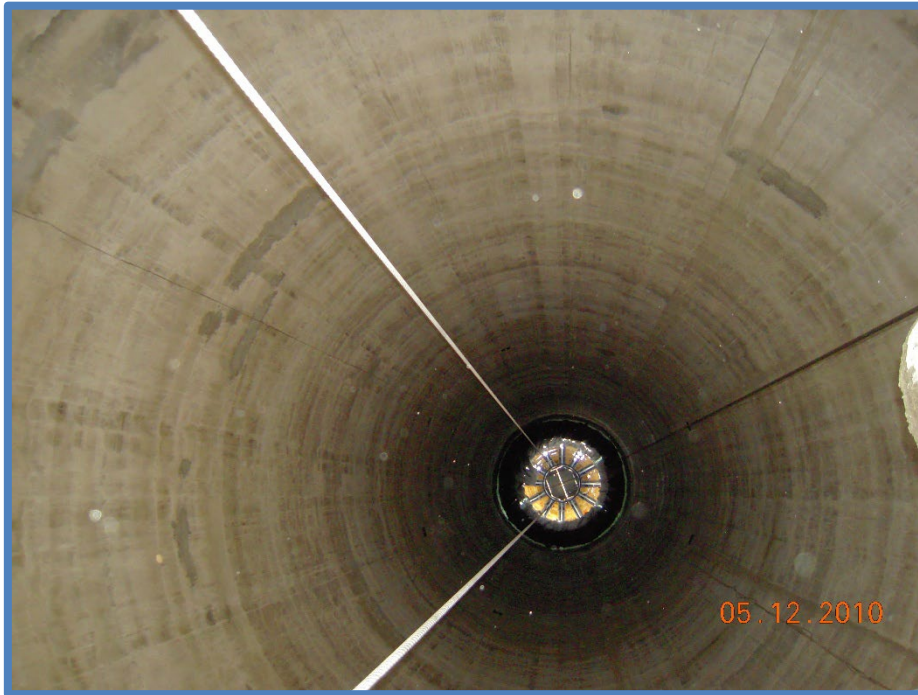


13.4 DESLIZAMIENTO CON EL SISTEMA DE TRANSPORTE VERTICAL OPERATIVO













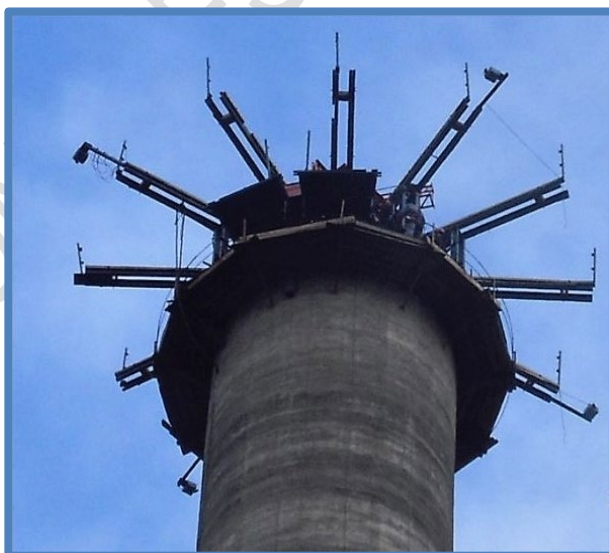
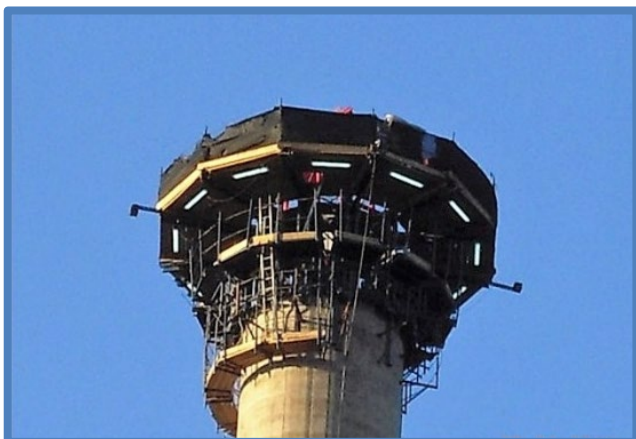








13.5 DESMONTAJE DEL ENCOFRADO DESLIZANTE



14. BIBLIOGRAFÍA

14.1 REFERENCIAS

- Foto de Portada y resto de Fotos: Ternium Siderar – Planta Siderúrgica en San Nicolás de los Arroyos (Buenos Aires - Argentina) - Chimenea Baterías de Coque 3 y 4.
- Chimenea de Hormigón Armado (H: 124,67m).
- Contratista Principal: Karrena Argentina.
- Ingeniería, Asesoramiento y Colaboración en la Construcción: Alternativas Actuales de Construcción S.L. – Ingeniería y Construcción de Obras Especiales (ALTAC).
- Encofrado Deslizante: Slipform International.
- Suministro Hormigón: Erection Construcciones y Montajes Industriales SAICI.
- Cabrestante Electrohidráulico: FERRO (Ingeniería y Sistemas de Elevación). Transporte Vertical de Personas y Materiales.
- 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, y en mantenimiento y reparación de todo tipo de chimeneas industriales.

18/03/2.026