

# PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS DE OBRAS PÚBLICAS CON REDES "TIPO TOLDO"

Pedro Antonio Beguería Latorre  
C.N.N.T. Madrid - I.N.S.H.T.



Foto 1.- Los elementos que componen las redes toldo.

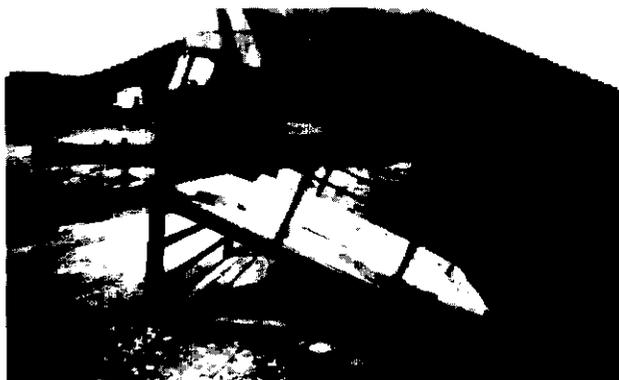


Foto 2.- Plataforma volada de seguridad



Foto 3.- Ascenso del paño de red y cuelgue posterior.



Foto 4.- Extensión de la red.



Foto 5.- Trabajos totalmente protegidos.

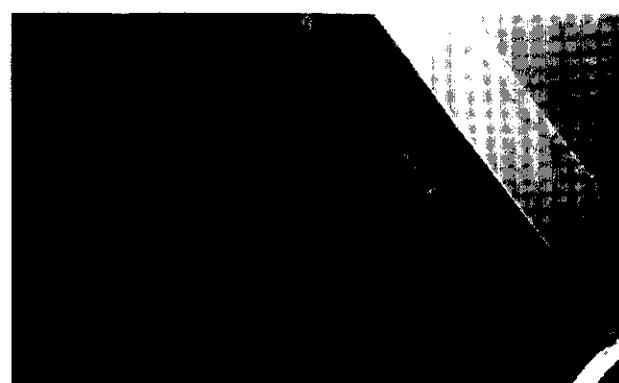


Foto 6.- Vuelo lateral, para recogida de caídas con proyección lateral.



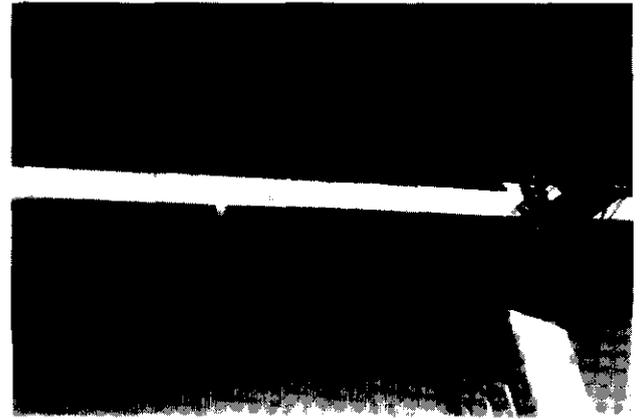
**Foto 7.**— Protección eficaz durante el montaje de vigas y construcción del tablero.

La construcción de estructuras prefabricadas de obras públicas requiere un tratamiento especializado de la seguridad, capaz de adaptarse al ritmo de trabajo de este tipo de construcciones sin interferir en el proceso de montaje y ser capaz de solventar el riesgo de "caída desde altura", al ser éste el principal y el de mayor trascendencia humana y económica.

Para analizar los riesgos de construir estructuras prefabricadas hay que centrarse en los siguientes pasos: La construcción de las pilas de sustentación, por lo general, mediante deslizado o trepado; la prefabricación en taller de: dinteles o capiteles, vigas de gran dimensión y prelosas o encofrados perdidos para éstas; y todos sus transportes a la obra con sus montajes definitivos mediante grúas autodesplazables. El riesgo de "caída desde altura" denunciado aparece durante el crecimiento de las pilas y los montajes de todas las piezas prefabricadas. El riesgo de caída desde altura, durante el trepado, tiene tratamiento ampliamente estudiado y divulgado. En cambio, poco se ha hecho en prevención para el resto del montaje; si se desea prevenirlo, el camino a seguir tiene que resolver los siguientes escollos:

- 1º. La seguridad necesaria para poder trabajar, sin riesgo, sobre los dinteles o capiteles en su posición definitiva.
- 2º. La seguridad precisa durante el montaje de vigas y tablero con todos sus componentes y remates.
- 3º. La seguridad para reducir las posibilidades de proyección lateral de personas por el borde del viaducto durante los trabajos descritos en el punto segundo.

Es indudable que tener que trabajar, a alturas entre 10 y 40 metros, plantea problemas de importancia que condicionan especialmente: el trazado de accesos, la decisión de potencia y alcance de las grúas y sus puntos de estación. Cada caso requiere un tratamiento específico cuya tecnología y método de concreción no permiten



**Foto 8.**— La red se retira y repone sin dificultad

la generalización. Por ello, me abstengo de entrar en ello por su tarea ociosa.

La solución que he puesto en práctica con éxito y que suministro a continuación es viable para montajes realizados con: grúas autopropulsadas, grúas torre en su caso (de rara utilización) y lanzadores de vigas o de dobelas.

Este caso impone dos variantes específicas al considerar la posible prevención de los riesgos: capiteles armados y hormigonados sobre las pilas y capiteles prefabricados con recibido directo sobre las pilas. En los primeros, los elementos auxiliares de la seguridad deben montarse en altura. En los segundos, se montan en el suelo.

### ¿En qué consiste el sistema?

El objetivo en ambos casos es controlar el riesgo de caída desde altura, cubriendo los vanos y los vuelos de la losa con redes tipo toldo.

Se trata de tender cuerdas o cables entre los capiteles de dos pilas consecutivas dispuestas de tal forma que permitan la extensión, retracción y retirada de un gran paño de red que cubra el vano bajo la construcción de la losa del viaducto, y hacer lo mismo desde estructuras sencillas de seguridad voladas lateralmente y apoyadas colgadas mediante bulonado, desde los capiteles de las pilas.

En el caso de capiteles hormigonados en su lugar definitivo sobre la pila, los anclajes y estructuras voladas laterales se reciben durante el montaje de la ferralla sobre las pilas, quedando perfectamente firme y fiables, tras el hormigonado. En el caso de capiteles prefabricados a nivel del suelo, se reciben los anclajes y esperas en el taller de fabricación y se montan las estructuras voladas una vez acopiadas en obra y antes de izar el capitel. Estas operaciones, como se realizan en el suelo, reducen considerablemente la duración del riesgo. Si se desea, se

pueden montar en el capitel ya recibido sobre su fuste; esta operación exige una planificación y protección específica que no incluyo por ser lo suficientemente delicada como para impedir la generalización.

## Los elementos que componen el sistema

- Anclajes siempre calculados; suelen servir los conformados por redondos de acero, de diámetros 20, 25 y 32 mm; es decir, la ferralla que componga la armadura del capitel. Recomiendo el aprovechamiento de recortes de ferralla por economía. Ver figuras 1 y 2.
- Estructuras voladas para ser montadas en los laterales exteriores de los capiteles, sobre sus lados ubicados hacia el vuelo de losa, con el objetivo de cubrir un vuelo lateral de unos 3 a 4 m; formadas por perfiles laminados calculados para su misión (ver Fase 3 (1 y 2)), que permiten a su vez montar sobre ellas plataformas ligeras de seguridad con barandillas de redondos de acero procedentes de los recortes de la ferralla utilizada.

La perfilera lleva montadas las argollas que muestra la fase 3-3 para sustentación de las cuerdas del sistema de vuelo lateral de las redes.

- Redes fabricadas en una sola pieza con poliamida 6.6 alta tenacidad, según la Norma UNE - 81.650.80, tejidas al cuadro con trencilla de diámetro 4,5 mm con nudos termofijados con vapor seco, recercadas con cuerda fabricada en idéntico material y calidad, de diámetro 10 mm, unida y remallada al borde de la red según ISO 2307 (90). Esta forma de fabricación evita las deformaciones de los enormes paños de red que se necesitan y facilita su manejo. Si además se fabrican con telares de canilla grande, los nudos de continuidad de la trencilla que forma la red quedan muy separados entre sí, con lo que aumenta la calidad de la red que se monta. Recomiendo rechazar para utilizar como red "toldo", aquellas formadas con paños de pequeño formato (10 x 5 m y similares), unidos entre sí hasta completar toda la superficie necesaria y aquéllos, tejidos con coincidencia lineal y más o menos continua de los nudos de empalme de continuidad de la trencilla; o lo que es lo mismo, las

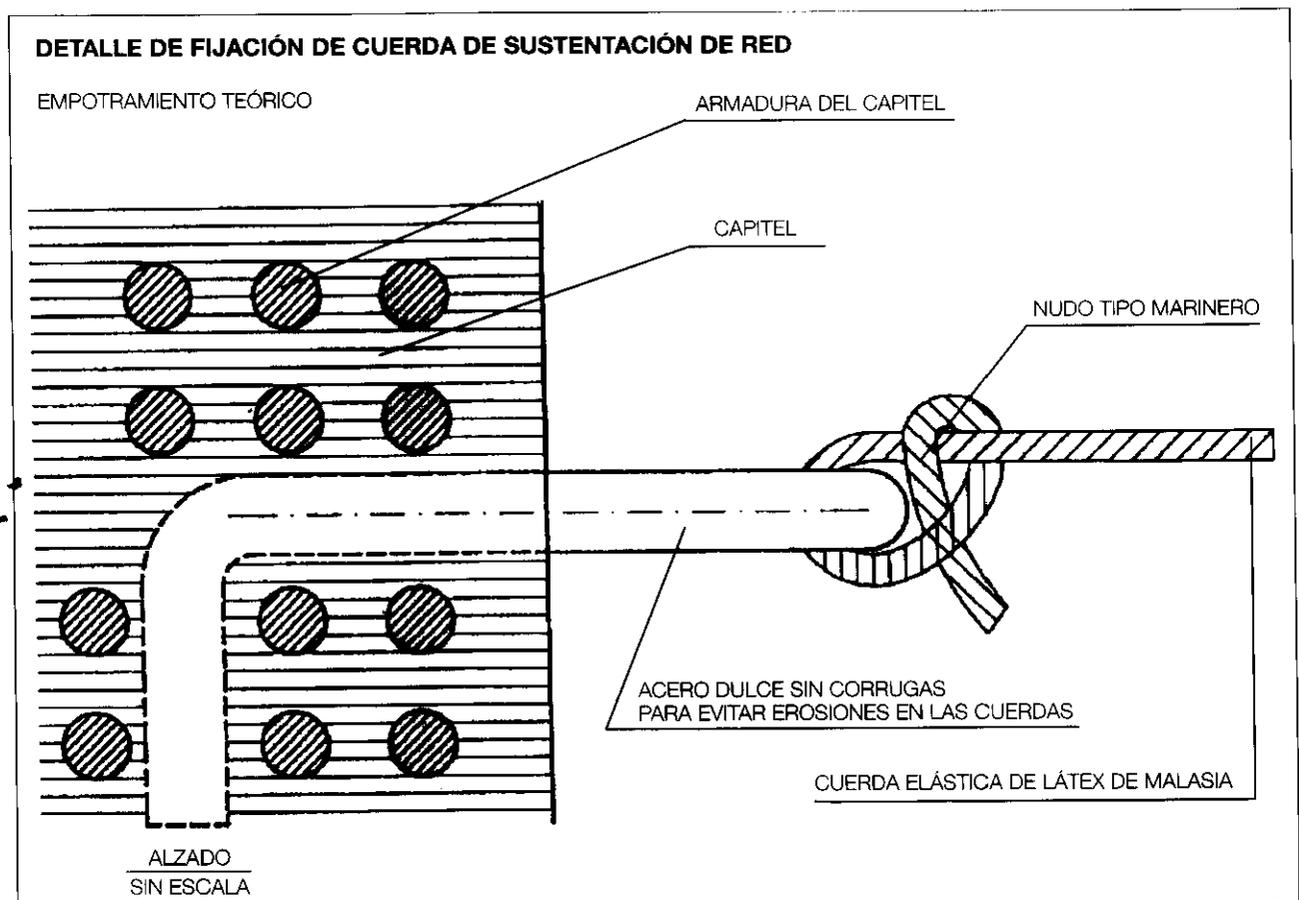


Figura 1

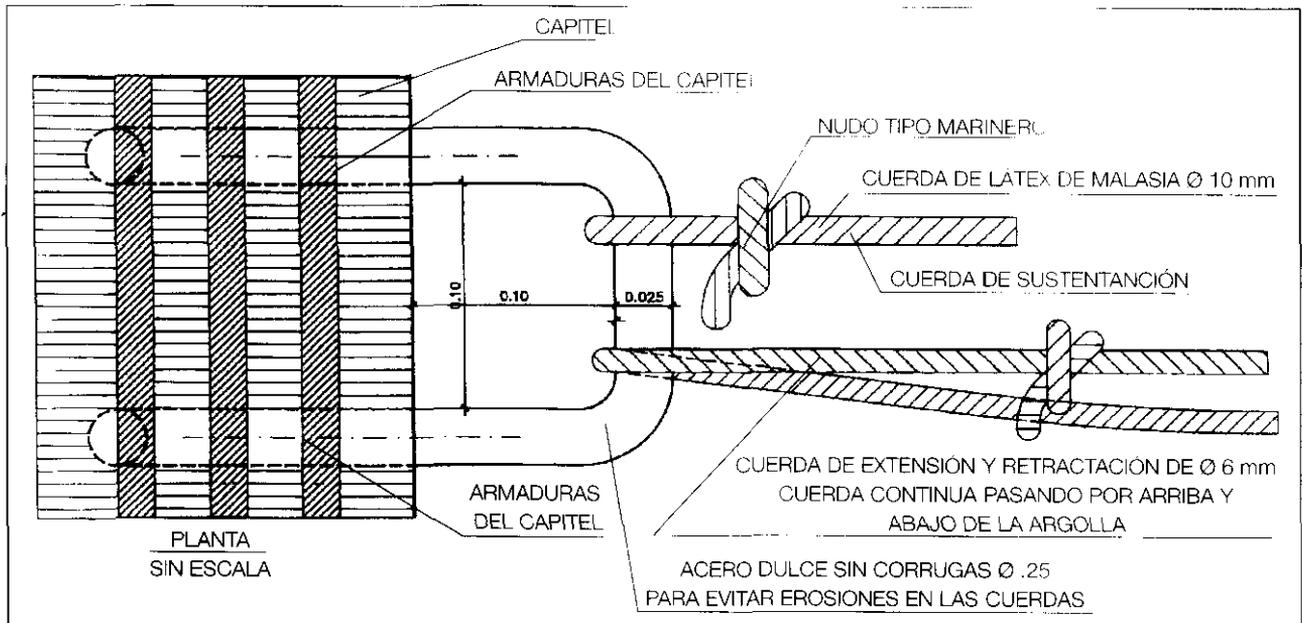


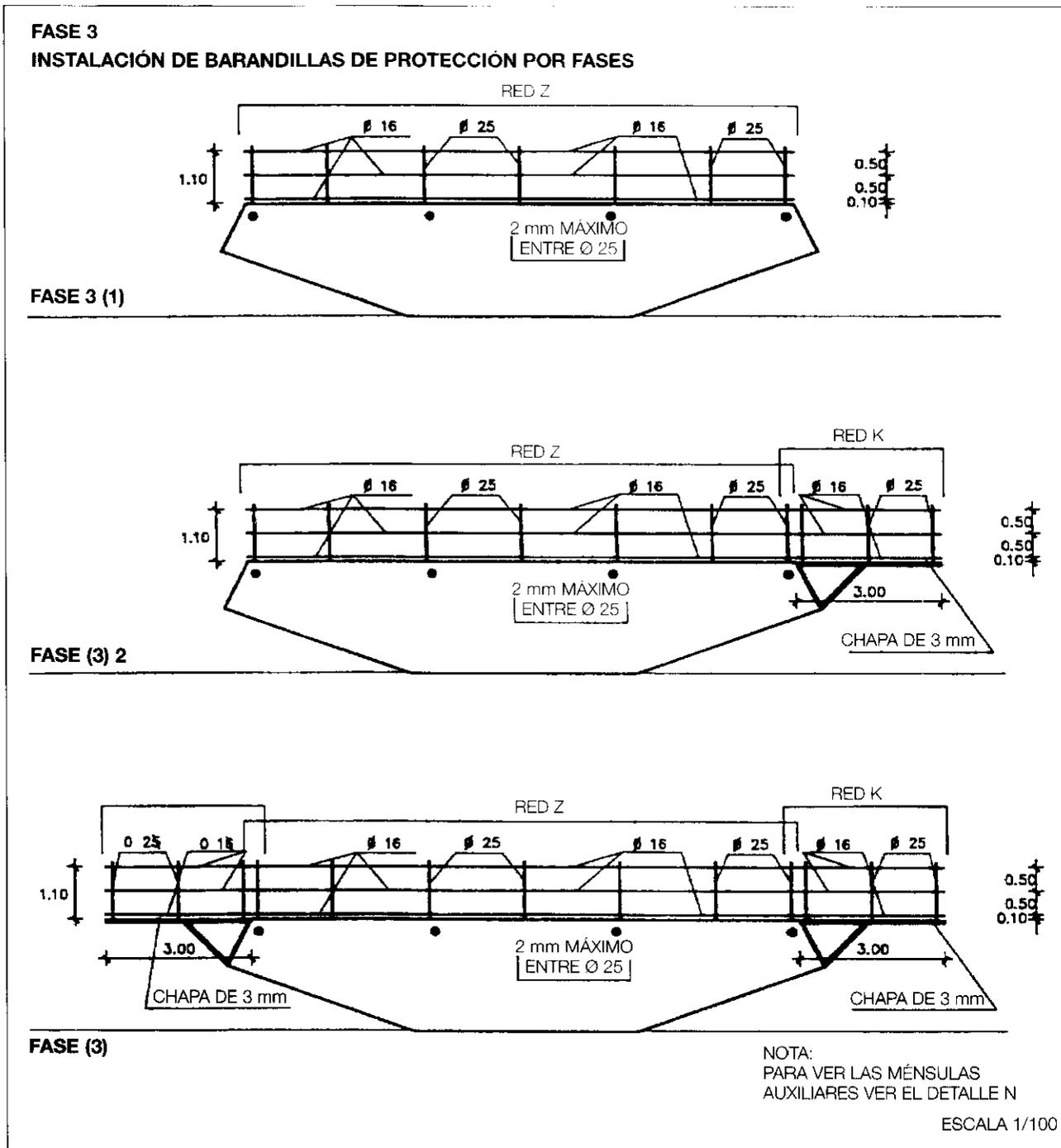
Figura 2

redes de formato estándar unidas entre sí y fabricadas mediante telares que utilizan canilla pequeña.

- Cuerdas de extensión y retracción fabricadas en la poliamida descrita anteriormente, con diámetro de 8 mm. Diámetros menores son válidos, pero, pese a utilizar guantes, producen molestias en las manos del trabajador al intentar hacerlas circular por las argollas. Si no se hace así, el tiempo de montaje aumenta apreciablemente.
- Cuerdas elásticas de látex de Malasia con diámetro de látex de 10 mm, forrado con poliamida 6.6 alta tenacidad. Estas cuerdas tensadas, sin eliminar su capacidad elástica, garantizan la sustentación de los paños de red sin grandes flechas de catenaria, evitando las lesiones que podría producir el uso de cables. No obstante, hay que recurrir a los cables de acero en los siguientes supuestos: regímenes de vientos fuertes o necesidad de conservar gálibos determinados. Las dimensiones de estas cuerdas, en este punto de la experiencia, son definidas por cálculo empírico. El ensayo ha sido satisfactorio; en consecuencia, queda abierta la investigación científica posterior, a partir de la dimensión así fijada.
- Mosquetones de sustentación de la red fabricados en acero timbrado para 750 kg de resistencia.
- Malla mosquitera blanca de ocultación de vistas antivértigo y retención de pequeños objetos, sólo si se prevén regímenes de vientos flojos. Los vientos

fuertes pueden producir efecto "vela", este fenómeno puede llegar a arruinar la protección, en las características reseñadas o, en su caso, a restar parte de la eficacia decidida.

El resto de elementos que podría interesar considerar no son componentes estrictos del sistema. Se aprovechan las escaleras andamiadas, los ascensores y las plataformas de andamios trepadores en el caso de no haber sido desmontados. Las grandes escaleras modulares arriostradas y ancladas a las pilas y muy protegidas o los ascensores de obra son inevitables. No deben utilizarse para acceso las rudimentarias jaulas o cestas a gancho de grúa porque no tienen garantías de seguridad. Son inseguras por lo general y las prohíbe la legislación vigente aplicable por extensión. No obstante, puede intentarse resolver el problema de acceso mediante una guindola a gancho de grúa con cable de seguridad paralelo, dotada con mecanismos de frenada; todo ello proyectado y calculado por un técnico competente que se responsabilice de la seguridad real del prototipo dentro de lo que se entiende como "uso normal". Pueden utilizarse a su vez las guindolas sobre brazo telescópico o tijeras hidráulicas para el ascenso y descenso de personas, cuando la estructura a construir esté dentro de su alcance y se haya tratado el terreno por el que deberán circular y ponerse en estación; no obstante, se trata de una solución costosa.



## Lo que se necesita para hacer viable este sistema de protección

- Un fabricante de redes, capaz de suministrar los paños de red fabricados en una sola pieza y plegados según el plano que se le suministre. Estos fabricantes ya existen en España.
- Un equipo de seguridad aleccionado antes del montaje, que sepa llevarlo a término con éxito.
- Un plan de ejecución de obra que incluya en la producción las secuencias de montaje del sistema, su mantenimiento y retirada.
- El respeto al sistema de protección proyectado por parte de la jefatura de obra y mandos intermedios

y, especialmente, el respeto obligado del subcontratista especialista en montajes de obra pública.

## RELATO DE LA EXPERIENCIA EN OBRA MEDIANTE UNA PROTECCIÓN CON REDES TOLDO PARA UN VIADUCTO DE GRAN ALTURA-CAPITELES PREFABRICADOS

Para la comprensión del texto, según las maniobras que a continuación se describen:

**Maniobra 1:** En fábrica durante la construcción del armado del capitel: se realiza el recibido de los anclajes de sustentación de cuerdas y para el recibido bulonado de las estructuras voladas, junto con los redondos de diámetro de 25 mm necesarios, para formar las barandillas provisionales. Todo ello según un plano expreso proyectado especialmente para este caso concreto.

**Maniobra 2:** En obra, en el suelo: descarga, nivelación y apuntalado del capitel ya fabricado incorporando la seguridad; instalación de las estructuras voladas laterales que están ya dotadas de las plataformas necesarias y sus barandillas de seguridad (Fases 3(1); 3(2) y 3(3)).

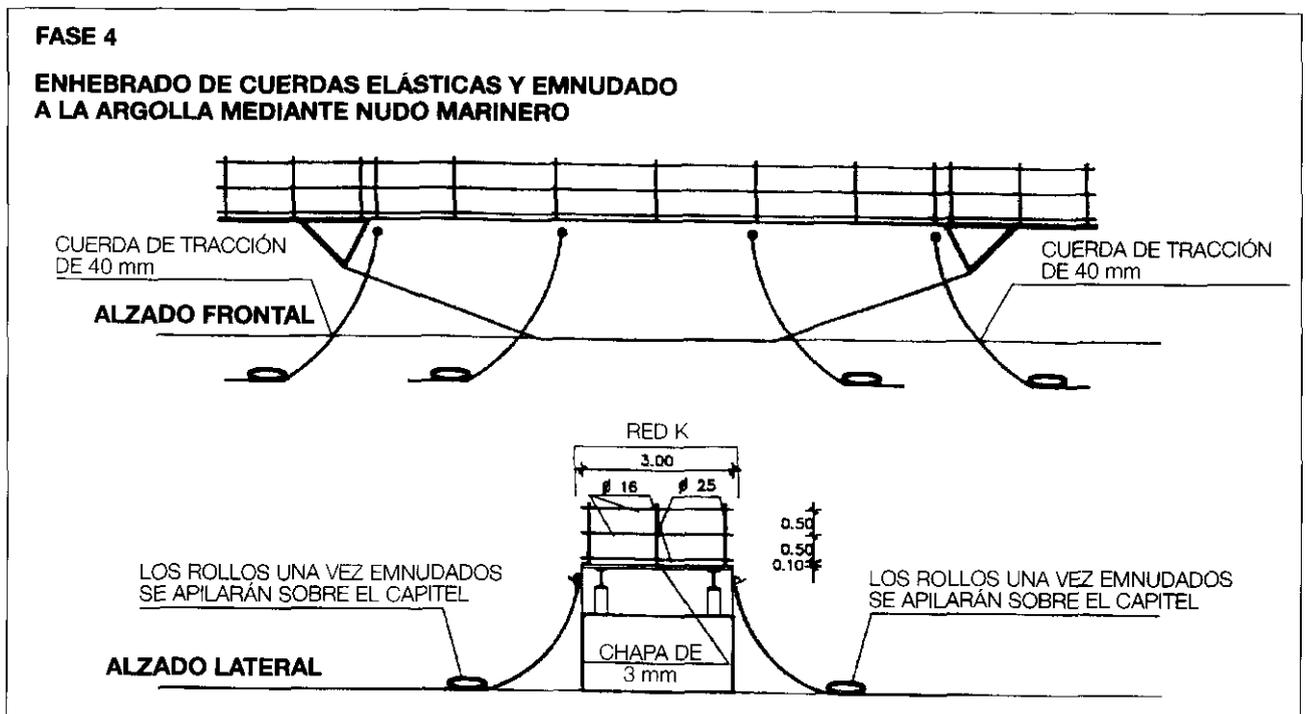
**Maniobra 3:** Enhebrado de las 16 cuerdas de extensión y retracción de los paños de red necesarios en el caso de que esta tarea no pueda realizarse desde tierra, afianzándolas por una punta a la argolla mediante un lazo simple, ya que deberán

ser desatadas en altura para completar el montaje del sistema. El resto de cada cuerda se acopiará enrollado, de forma ordenada sobre el capitel (ver Fase 4).

**Maniobra 4:** Eslingado y comienzo de la maniobra de izado del capitel. Es necesario recordar que, para evitar interferencias de las cuerdas durante la recepción del capitel sobre la pila, que es una maniobra compleja y delicada, permanecerán enrolladas ordenadamente junto a la lazada que las une a las argollas. No hay que olvidar que el capitel queda enhebrado en las esperas de la pila que lo sustenta. Esta maniobra es muy delicada.

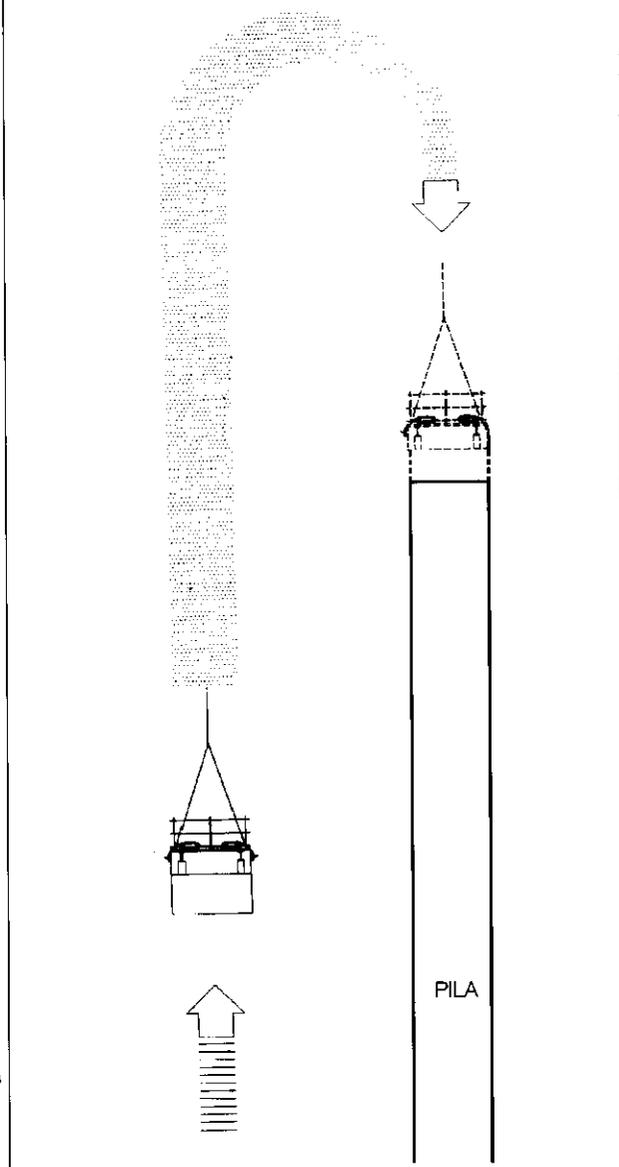
En consecuencia, para realizar esta labor con la seguridad que realmente se exige, es necesario conservar en la coronación de la pila y en todo su perímetro los andamios trepadores o haberlos sustituido por las consolas de trabajo de estos medios auxiliares; en cualquiera de ambos casos estos medios auxiliares tienen consideración, durante todo este tiempo, de elemento de seguridad integrada en el proceso de construcción, lo que aclara para que pueda establecerse la oportuna valoración económica. Sin ella, la seguridad fracasará durante la recepción del capitel en altura (Fase 5).

**Maniobra 5:** Idéntico proceder al descrito en las Fases 1, 2, 3 y 4, pero referida al soporte C, de la Fase 6.



## FASE 5

### IZADO DE CAPITEL CON LAS CUERDAS Y BARANDILLAS



**Maniobra 6:** Como lo más probable será que los operarios de montaje especializado de obra civil, por lo general dependientes de un subcontratista, no quieran saber nada con el montaje de la seguridad, —y así se demostró plenamente en esta experiencia que divulgo— es necesario que el equipo propiamente dicho de seguridad suba a las pilas A y B y a las plataformas de seguridad voladas de ambos capiteles. Procederán, a continuación, sujetos con cinturones de seguridad clase C

como protección complementaria, a deslizar hasta el suelo las 16 cuerdas que permanecen enrolladas. Deben poner sumo cuidado para que los rollos de cuerda no queden enredados y, por consiguiente, colgados a media altura, pues deben llegar holgados al suelo.

**Maniobra 7:** Desde el suelo, uno, dos o tres operarios —depende del plazo de ejecución previsto—, procederán a unir con un nudo de marinero pequeño que deje libre 1 m de cabo, las cuerdas enfrentadas entre los dos capiteles consecutivos de un vano, evitando los errores. La separación entre las cuerdas colgantes facilita que no se cometan errores, no obstante, en presencia de viento, además de prestar atención a la maniobra, puede ser necesario cargar el extremo de cada cuerda para lograr que lleguen al suelo (en la experiencia comentada, no fue necesario) (Fase 7).

**Maniobra 8:** Los operarios del capitel, desatando los lazos que unen las cuerdas a las argollas y a través de ellas, izarán la cuerda unida dejando caer los cabos libres opuestos hasta el suelo. Una vez llegados al suelo, se unirán entre sí las cuerdas enfrentadas. Se habrán conseguido, obrando de esta manera, 8 cuerdas continuas que, yendo de capitel a capitel, pueden circular libremente sobre las argollas.

**Maniobra 9:** Desde el capitel B, se elevan hasta la horizontal las cuerdas, procurando que uno de los nudos de unión quede junto a las argollas, tocándolas. Se desata éste, se tensan las cuerdas y se habrá conseguido un encordado similar al de un "tendedor móvil de ropa", un "tendedor casero" de ropa (pido disculpas por el símil). Lo que se pretende conseguir es: que tirando de una cuerda, se la pueda hacer circular a 40 m de altura pasando por dos argollas opuestas, al igual que las cuerdas de un gigantesco tendedor móvil de ropa. Todo ello, si la tarea de extender o retraer la red tirando desde el suelo no es posible por algún accidente natural. De lo contrario, suprimanse las Fases 8 y 9 por innecesarias.

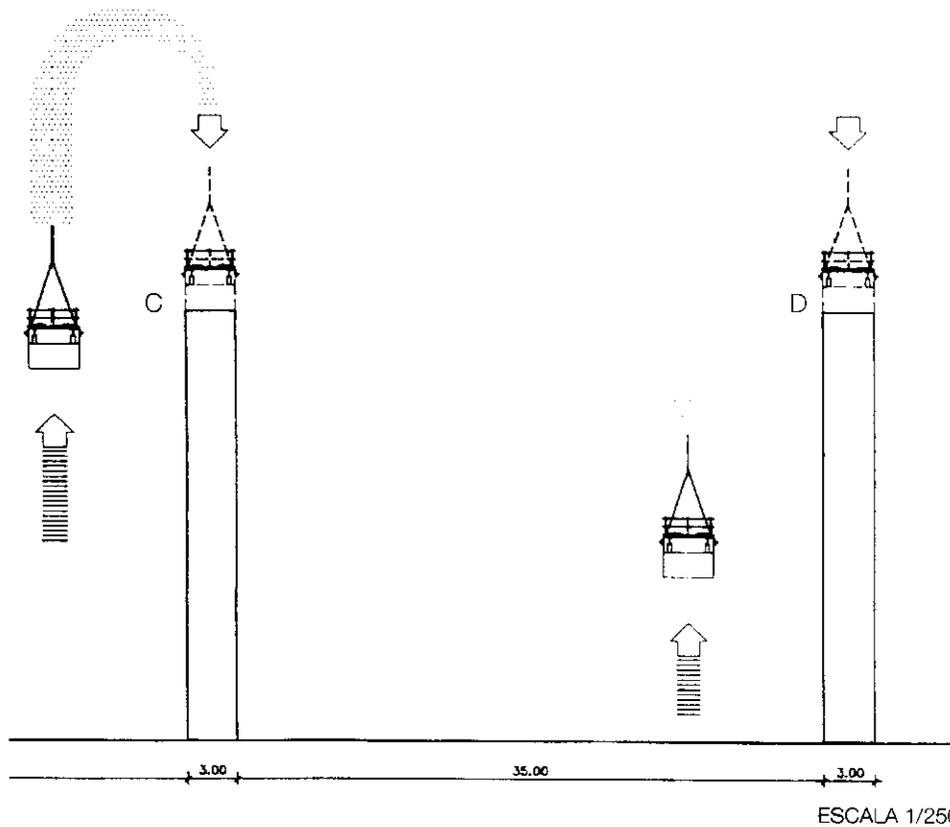
Téngase la precaución de tensar las cuerdas un poco para evitar los enredos de una misma cuerda sobre sí misma por acción del viento, pero no demasiado, pues obstaculizaría la circulación continua a través de las argollas.

**Maniobra 10:** Se deposita el paquete de la red mayor en el suelo (por su peso, deben intervenir 4 hombres) junto a la pila B. Abrir el paquete y desenrollar la red. Mostrará 4 filas de mosquetones unidos con cuerdas.

Al mismo tiempo, hay que llevar al capitel B los rollos de la cuerda elástica prevista para sustentar las redes toldo. Amarrar con un lazo simple a las

**FASE 6**

**IZADO DE LOS CAPITALES (C) Y (D) CON LAS CUERDAS Y BARANDILLAS**



argollas y con cuidado irlos desenrollando hasta hacerlos llegar al suelo.

Enhebrar cada cabo de cuerda llegado al suelo, en toda la fila de mosquetones que le corresponda. Afianzarla con un lazo simple al último mosquetón.

Habremos conseguido: un paño de red plegado en el suelo, pues así se suministra desde la fábrica de redes, con las cuerdas elásticas unidas por un extremo a él y por el otro, en altura unidas a las argollas del capitel de la pila B (Fase 9).

**Maniobra 11:** Elevar la red al lugar de cuelgue a gancho de grúa o a brazo (Fase 10).

**Maniobra 12:** Desatar los lazos de las cuerdas elásticas que los unen a la red, sin sacarlas de los mosquetones, hacerlos pasar coherentemente ordenados según marca su función, por las argollas del capitel, tensarlas a brazo todo lo que se pueda y anudar.

Se habrá conseguido tener la red en altura enhebrada en las cuerdas elásticas, lista para ser sus-

pendida en ellas. Cortar las cuerdas auxiliares que unen los mosquetones (Fase 11).

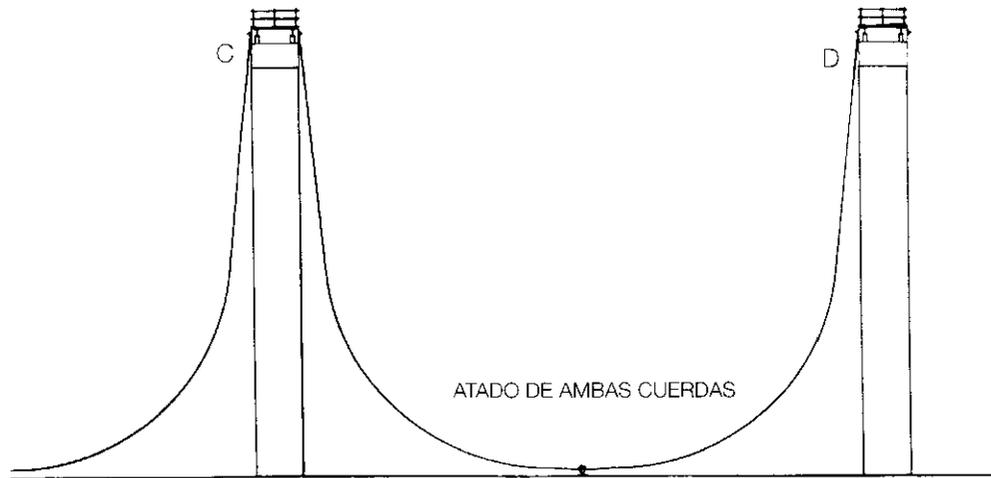
Atar el último mosquetón de cada grupo a su argolla de capitel más próxima, para inmovilizar el extremo de la red correspondiente al capitel A.

**Maniobra 13: EXTENSIÓN:** Atar al primer mosquetón de la red el cabo libre que hemos dejado en el nudo de las cuerdas de extensión. Accionar las cuerdas de extensión y, sin esfuerzo significativo, la red se extenderá hasta el capitel B. Al llegar la red a B, atar los mosquetones de llegada a las argollas. La protección está concluida (Fases 12 y 13).

**Maniobra 14:** Repetir las operaciones descritas en las Fases 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13, pero desde cada una de las plataformas voladas. Se habrá conseguido montar los tres paños de red previstos en un mismo vano.

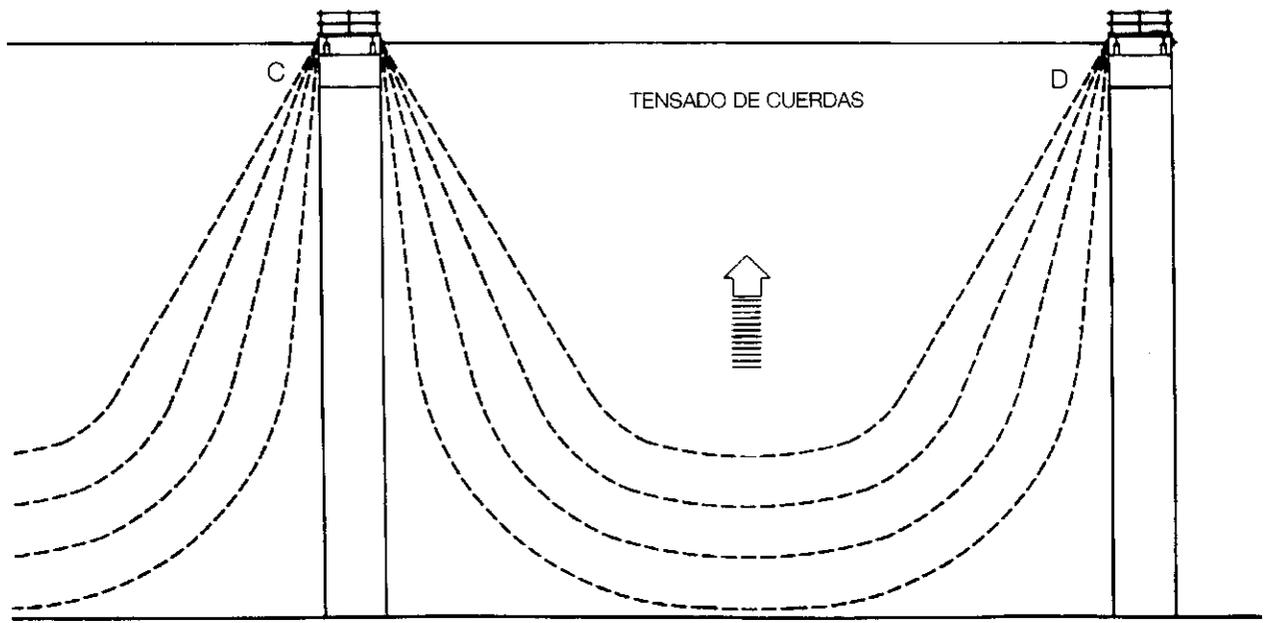
**Maniobra 15:** Cortar los redondos que forman las barandillas frontales de los capiteles, pues obstaculizan el montaje de las vigas. Los recortes no deben arrojarse sobre las redes. Si esta tarea se

**FASE 7**  
**IZADO DE LOS CAPITELES (C) Y (D) CON LAS CUERDAS Y BARANDILLAS**



ESCALA 1/250

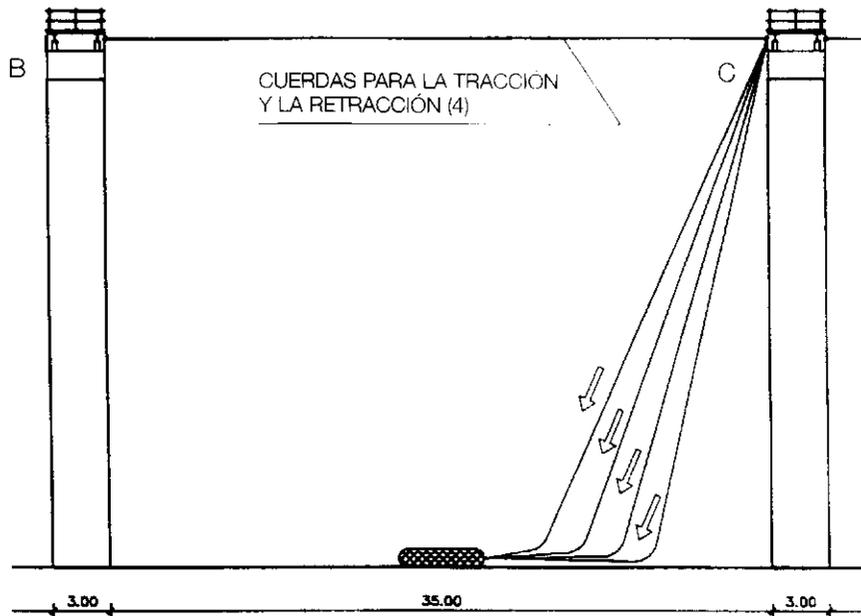
**FASE 8**  
**IZADO Y TENSADO DE LAS CUERDAS DE TRACCIÓN Y EXTENSIÓN**  
**(EL TENSADO SE REALIZA DESDE LAS PILAS B Y D)**



ESCALA 1/250

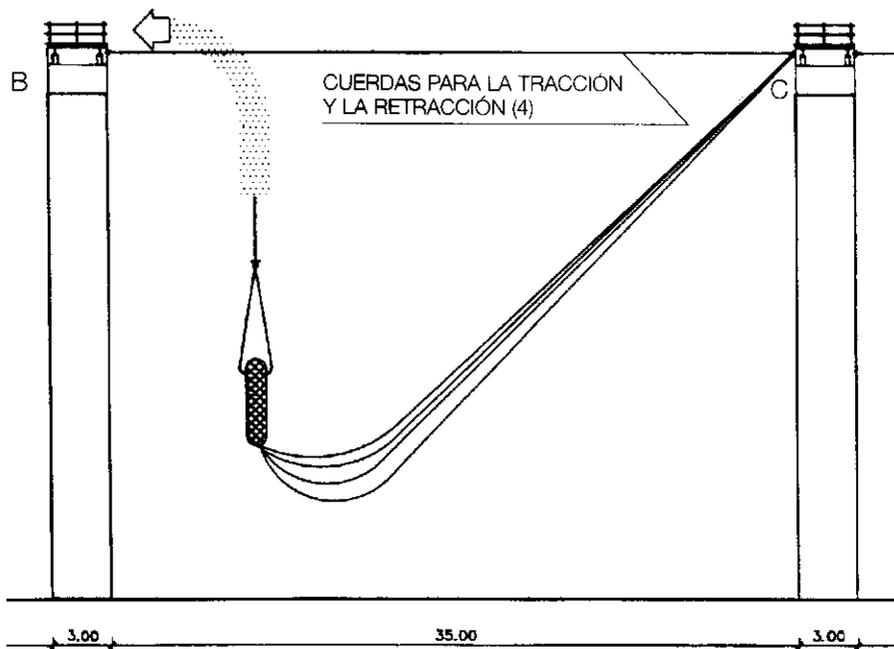
FASE 9

LANZAMIENTO DE LAS CUERDAS DE SUSPENSIÓN DE LA RED + ATADO DE LA RED  
- SUSPENSIÓN: 4 CUERDAS DE 60 mm



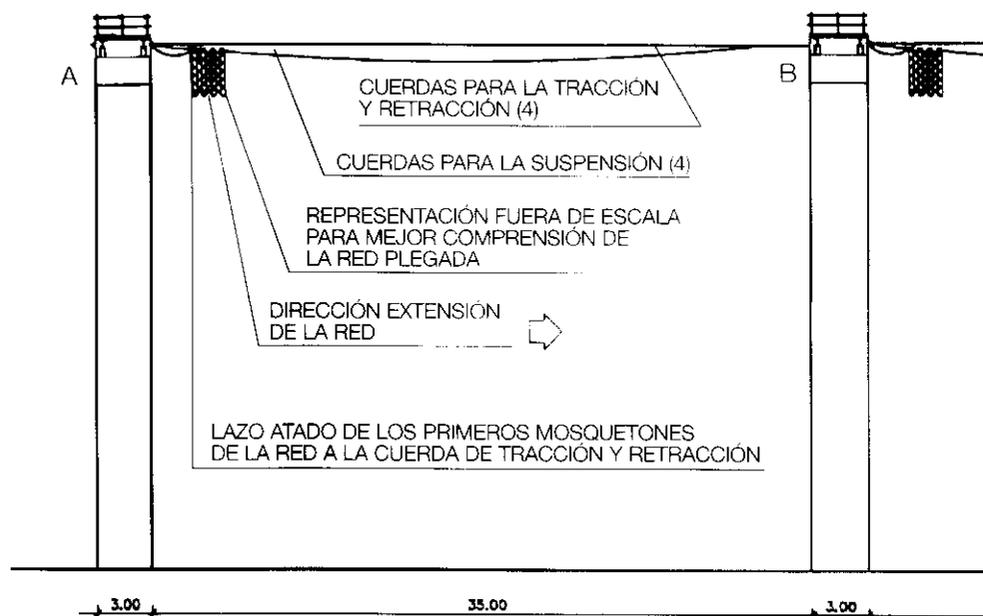
FASE 10

SUJECIÓN PROVISIONAL DE LAS CUERDAS DE SUSPENSIÓN E IZADO DE LA RED



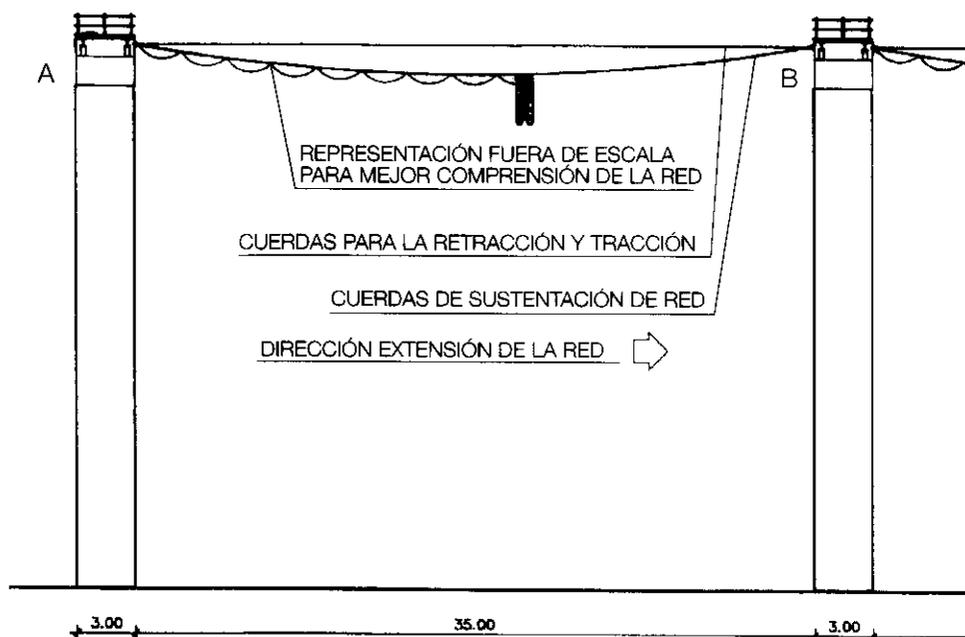
## FASE 11

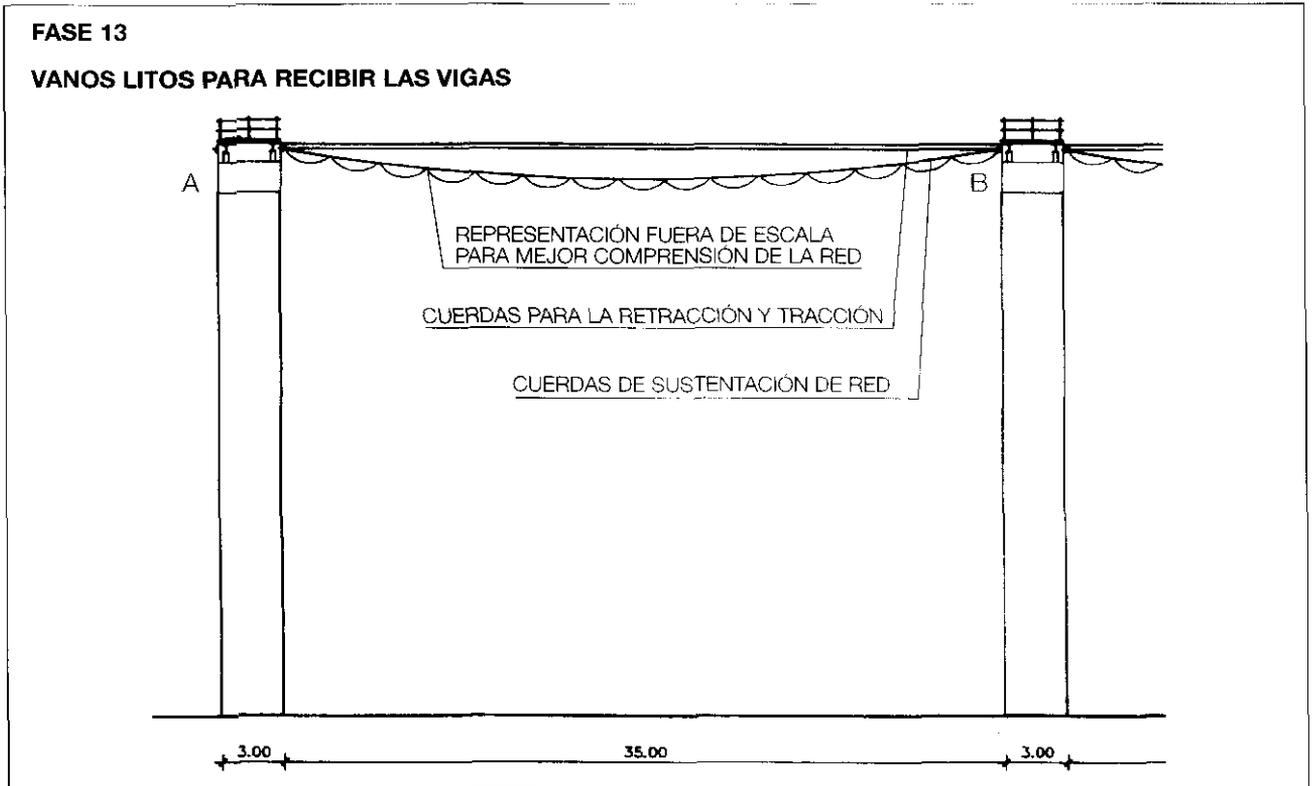
### AMARRADO DEFINITIVO CON LAS ARGOLLAS DE LAS CUERDAS DE SUSTENTACIÓN CUELQUE DE LOS MOSQUETONES EN LAS CUERDAS DE SUSTENTACIÓN



## FASE 12

### EXTENSIÓN DE LA RED MEDIANTE LAS CUERDAS DE EXTENSIÓN DESDE A-B-C-D





realiza de forma ordenada, estas barandillas podrán reutilizarse soldándolas a simples esperas previstas en otros capiteles, con lo que algo se economiza el sistema proyectado.

Debe tenerse presente que, si una persona cae sobre la red, debe ser rescatada mediante un procedimiento especial que utiliza cordelería de alpinismo y cinturones de suspensión, clase B homologados M.T. No describo el método, porque requiere el diseño sobre la marcha. El punto de caída es incierto y muchas las posibilidades.

La práctica en obra, realizados dos montajes, sugirió la simplificación de los pasos descritos. Así, el "tendedor" se suprimió por innecesario. Las tres redes se sustituyeron por un solo paño y las cuerdas de látex de Malasia se cambiaron por cables de acero de 5 mm. de diámetro, pues aparecieron problemas de viento que hicieron peligrar la protección.

La protección descrita fue utilizada de tres en tres unidades completas, hasta concluir los diecisiete vanos del viaducto. La obra se concluyó sin accidentes graves o mortales.