

# Redes de seguridad bajo forjado

## una alternativa como sistema de protección colectiva

>> **Julián Pérez Navarro**

Arquitecto técnico. Coordinador del grupo de trabajo AENICTN-081/SCIGT-6  
Director del Gabinete Técnico del COAAT de la Región de Murcia

Las redes de seguridad bajo forjado constituyen una solución técnicamente apropiada y económica para detener y amortiguar las caídas de altura. Ahora, un grupo de trabajo de normalización estudia, en el marco de AENOR, los requisitos mínimos de seguridad y los métodos de ensayo de estas redes.

**Todos conocemos las elevadas** cifras que sobre accidentes laborales en la construcción publica la Administración. De estos accidentes, existe un porcentaje destacado procedente de caídas de altura en la fase de montaje de forjados. A lo largo de este artículo veremos cómo las redes de seguridad bajo forjado son una solución técnicamente apropiada y económica para detener la caída de personas desde alturas, incluso cuando se trata de grandes áreas. Además, las redes, por su capacidad de absorción de deformaciones plásticas, presentan también la ventaja de amortiguar la caída de las personas.



Contrariamente a la protección individual proporcionada por un elemento de amarre o un arnés, la protección colectiva permite una movilidad total de los trabajadores por encima del área cubierta por ésta.

Así pues, la combinación de las bondades técnicas de la red con la insignificante repercusión económica sobre el forjado plantea una seria alternativa sobre otros posibles sistemas.

Este clima ha sido favorecido con la puesta en marcha de un grupo de trabajo de normalización en el marco de AENOR, que ha reunido a fabricantes de redes y encofrados, además de prevencionistas de empresas constructoras, técnicos de la Administración, etc., con el único fin de la determinación de los requisitos mínimos de seguridad y los métodos de ensayo de estas redes, de lo que también hablaremos.



Proceso de colocación de los tableros en los encofrados, con un evidente riesgo de caída a distinto nivel

**Definición.** Se entiende por 'trabajos en altura' aquellos que se ejecutan en un lugar por encima del nivel de referencia, entendiendo como tal la superficie sobre la que se puede caer.

Si realizamos una lectura de la Guía Técnica del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, en su anexo IV: Disposiciones mínimas de seguridad y de salud que deberán aplicarse en las obras, parte C: Disposiciones mínimas específicas relativas a puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales, podemos encontrar en su apartado 3 sobre caída de altura lo siguiente:

- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad de anclaje u otros medios de protección equivalente.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.

Además, recordamos que la Ley 1/95 de Prevención de Riesgos Laborales especifica en su articulado sobre el principio de acción preventiva en el apartado 15.1.h: "anteponer la protección colectiva a la individual", y a partir de 2 m. se requiere la protección contra las caídas de altura.

**Riesgos más frecuentes.** En la realización de encofrados se trata de evitar la caída en altura al forjado inferior o al vacío durante el montaje de los encofrados de los forjados. En estas operaciones existe un proceso en el que el trabajador sube a una altura superior a 2 metros sobre la estructura auxiliar o encofrado del forjado para la colocación de tableros, en el caso de encofrados continuos, o para la colocación de viguetas y bovedillas en el caso de que el encofrado no sea continuo y se limite al forrado de madera de las jácenas y zunchos.

Los fabricantes de los sistemas actuales de encofrado, conscientes de este riesgo, han desarrollado en algunos casos sistemas de protección individual, con cinturones de tipo arnés sujetos a líneas de vida o soportes tipo horca, o proponen el montaje del encofrado mediante un andamio o medio auxiliar. Ambas soluciones tienen en la práctica muchos inconvenientes, relacionados, por un lado, con el menor rendimiento de los trabajadores, que repercute en el incremento del precio final del m<sup>2</sup> de forjado y, por otro, porque la inclusión de nuevos procedimientos en la ejecución con interferencia en las tareas habituales implica un choque frente a la cultura del trabajador difícil de asimilar.

**Definiciones.** Tras este preámbulo, cabe realizar una definición de algunos elementos que componen las redes de seguridad. Según la norma UNE-EN 1263-1 sobre redes de seguridad. Parte 1: Requisitos de seguridad, métodos de ensayo, se define:

**Red:** Conexión de mallas.

**Red de seguridad:** Red soportada por una cuerda perimetral u otro elemento de sujeción, o una combinación de ellos, diseñada para recoger personas que caigan desde cierta altura.

**Cuerda perimetral:** Cuerda que pasa a través de cada malla en los bordes de una red y que determina las dimensiones de la red de seguridad.

**Clase:** Clasificación de las redes respecto a su capacidad de absorción de energía y al tamaño de la malla.

**Sistema:** Conjunto de componentes de las redes de seguridad que forman un equipo para utilizarlo de acuerdo con el manual de instrucciones.

**Sistema A:** Redes de seguridad bajo forjado de uso único.

**Sistema B:** Redes de seguridad bajo forjado reutilizables.

**Red reutilizable:** Aquella que es recuperable al 100% en su conjunto.

**Red de uso único:** Aquella que, una vez utilizada, se procede a su destrucción.

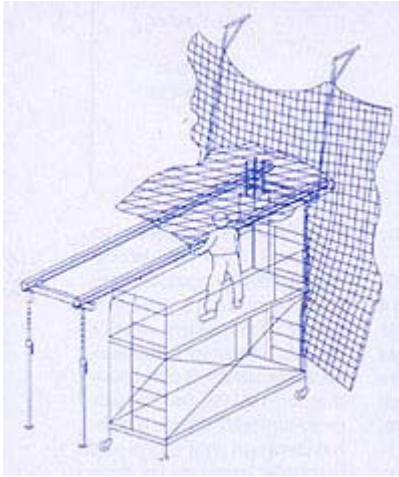
## Modalidades de hilado

CARACTERÍSTICAS	HILADOS INDUSTRIALES ALTA TENACIDAD	HILADOS TEXTILES BAJA TENACIDAD
Viscosidad del polímero	Alta	Baja
Estirado	Caliente	Frío
Veces que se estira	1-4 1-5	1-2,5 1-3,5
Tenacidad	64.72 cN/Tex	38-54 cN/Tex
Alargamiento en %	18-22	30-45
Títulos en los que se fabrica el hilado en dTex	Desde 470-F70 Hasta 1880-F280	Desde 15-F1 Hasta 78-F35

El título de un hilo dado en dTex es el peso en gramos de diez mil metros de longitud.  
F70: indica el número de filamentos de hilo

**Materiales componentes.** La red se elabora con cuerdas de fibras normalmente sintéticas, ya que en las fibras naturales encontramos una serie de inconvenientes, tales como:

- Son menos resistentes que las sintéticas.
- Pierden resistencia a los agentes atmosféricos -agua y luz-, que favorecen su autodestrucción.
- Son atacadas por mohos, bacterias, agentes contaminantes, etc. Y con ello, su resistencia se ve muy mermada por putrefacción.



Proceso de puesta en obra de redes de seguridad bajo forjado por solape en encofrados para forjados unidireccionales

Al tener menos resistencia, deberán incrementarse los grosores de las redes, mayor peso, menos flexibilidad, menos elasticidad, etc., con el consiguiente peligro de que se produzcan lesiones por estas causas.

Las fibras de origen químico que en principio pueden tenerse en cuenta en el mercado nacional pueden resumirse en las siguientes: poliéster, poliamida, polietileno y polipropileno, todas ellas con una serie de ventajas e inconvenientes que se analizarán según el uso que se vaya a realizar.

**Poliéster:** Resistente, no le atacan los agentes atmosféricos, imputrescible, es sin lugar a dudas el mejor hilo químico que puede utilizarse.

**Poliamida:** De iguales características que el poliéster, presenta la ventaja de tener una gran elasticidad, absorbiendo más suavemente los impactos.

**Polietileno y polipropileno:** Estos hilos presentan la ventaja de su bajo peso específico. Por ello, los fabricados con estos materiales son muy ligeros, resistentes a los ataques bacteriológicos y a la humedad. Se ha comprobado que la resistencia a la abrasión y al doblado es sensiblemente inferior al hilo de poliamida (normalmente entre 10 y 20 veces inferior en resistencia). La pérdida de resistencia por degradación que sufren estos hilos a los rayos solares es muy notable. A los pocos meses de exposición, el hilo se endurece, volviéndose quebradizo. Otra desventaja es su gran sensibilidad al calor. Algunos de ellos a 90° C ya empiezan a reblandecer y, por tanto, a perder notable resistencia.

En cuanto a las fibras utilizadas para la fabricación de redes, podemos decir que en la actualidad los fabricantes están utilizando en su mayor parte composiciones de poliéster y poliamida o una combinación de ellos, con la modalidad técnica de hilados textiles de baja tenacidad (BT) o hilados industriales de alta tenacidad (HT). Las diferencias técnicas entre ambas modalidades vienen expresadas en el Cuadro que se reproduce abajo.

**Diversidad de composiciones.** Encontramos en el mercado diversidad de composiciones en las redes de seguridad utilizadas en construcción. Algunos fabricantes disponen de redes de seguridad certificadas por AENOR, en base a la norma UNE 1263, pero es necesario indicar que las redes de seguridad certificadas en base a esa Norma (Sistema S,T,U,V), si bien nos garantizan unas especificaciones mínimas de energía de la red, no son las redes óptimas para el uso bajo forjado. Esto es lo que tratamos de determinar con la normalización: la energía mínima de la red para unos requisitos de seguridad determinados.

En este sentido, hacia el año 1996, el Gabinete de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Alicante publicó un estudio de las fibras más utilizadas en la provincia, ya que, como el empleo de redes de seguridad certificadas no era preceptivo, querían averiguar qué tipos de redes se estaban empleando en las obras y obtener otros datos de campo. Al finalizar el estudio llegaron, entre otras, a las siguientes conclusiones:

-Las diferencias climáticas no afectan de manera importante a las fibras expuestas en obra, aunque la radiación solar sí es un factor a tener presente.

-Las pérdidas de carga de rotura por las condiciones ambientales de radiación solar, humedad, viento, lluvia,

etc. son muy importantes. Pues bien, son todavía mayores las pérdidas de carga de rotura por los agentes internos de las obras de construcción y, muy excepcionalmente, por la abrasión, sin descartar la acción de óxidos, cementos, pinturas, etc.

-Las fibras de polipropileno no se pueden utilizar en la fabricación de redes de seguridad por su nula resistencia a la acción solar.

-Para la fabricación de redes de seguridad necesitamos valores altos de tenacidad y de alargamiento en torno al 20%. Son las fibras de poliamida HT las que hoy por hoy consiguen unos valores más aceptables dentro de las fibras analizadas.

**Clasificación y puesta en obra.** Si comentamos los avances de la normalización de las redes de seguridad bajo forjado, en primer lugar cabría mencionar el título propuesto para la Norma "Redes de seguridad bajo forjados: Requisitos de seguridad. Métodos de ensayo".

Dentro del ámbito de estas redes de seguridad podemos distinguir dos sistemas:

**Sistema A:** Redes de seguridad bajo forjado de uso único.

**Sistema B:** Redes de seguridad bajo forjado reutilizables.

El **sistema A** consiste en la colocación de paños de redes de seguridad en encofrados destinados principalmente a forjados unidireccionales, donde el encofrado se limita al forrado de madera de las jácenas y zunchos. Esos paños de redes, en la práctica, se colocan anclados sobre los tableros o por solape de las redes. En el primer caso, para el anclaje de los paños de red será necesario que los trabajadores se coloquen encima de los tableros, por lo que existe un riesgo de caída de altura que habría que evitar con equipos de protección individual. En las redes que se colocan por solape, no tendríamos este inconveniente, y quedarán atrapadas entre las sopandas y el tablero, tal como se muestra en la Figura inferior.



Proceso de colocación de las redes de seguridad de uso único en encofrados de madera para forjados unidireccionales con vigas de cuelgue (sistema A)

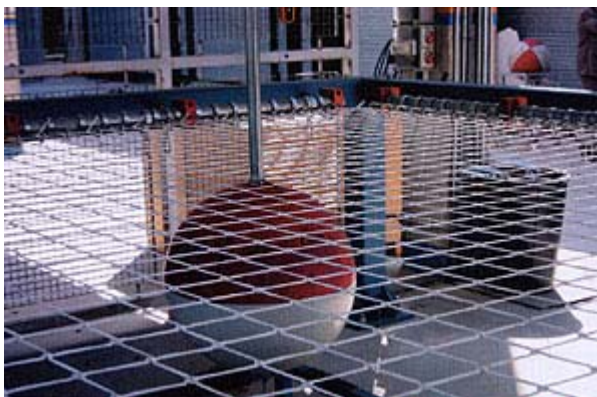
También tendríamos que recurrir a este sistema en el caso de que nos encontremos con jácenas de cuelgue en el forjado o distribuciones de pilares irregulares.

Aunque no existen por el momento especificaciones normalizadas para estas redes, experiencias anteriores nos permiten recomendar unos parámetros orientativos para este Sistema A:

-La red tendrá una composición a base de poliamida HT (alta tenacidad) industrial, con espesores de hilo que serán de al menos 2,5 mm, formando una retícula de malla de 8,5 a 9 cm, donde la retícula se forma con uniones malla a malla.

-En cuanto a las medidas de la red, este tipo de red se suministra en rollos de longitud de 100 m y anchos que pueden ser de 5, 5,5, 6 y 6,5 m.

El otro sistema que hemos citado, el **sistema B** (redes de seguridad bajo forjado reutilizables) consiste en la utilización de paños de redes de seguridad de dimensiones 1,20 m de ancho y longitudes que pueden oscilar entre 3, 5 y 10 metros, que disponen de cuerda perimetral con el fin de que puedan ser sujetados a los puntales del encofrado mediante unos ganchos de acero. Así pues, nos encontraríamos ante unos paños de redes que se colocan a lo largo de las calles que dejan las distribuciones regulares de puntales en los encofrados continuos, sujetos a los puntales de manera que la distancia entre el tablero y la red oscile alrededor de un metro.



Proceso de realización del ensayo de tracción estadística de la red de acuerdo a la Norma 1263-1

Una vez se han colocado los paños de red, se puede proceder a la colocación de los tableros en estos encofrados continuos, con lo que, aunque una posible caída de altura en la colocación de éstos, la evitaríamos con las redes. Las redes de seguridad las dejaríamos instaladas hasta la colocación de ferralla y casetones o viguetas y bovedillas, y se retirarían justo antes de proceder al hormigonado del forjado.

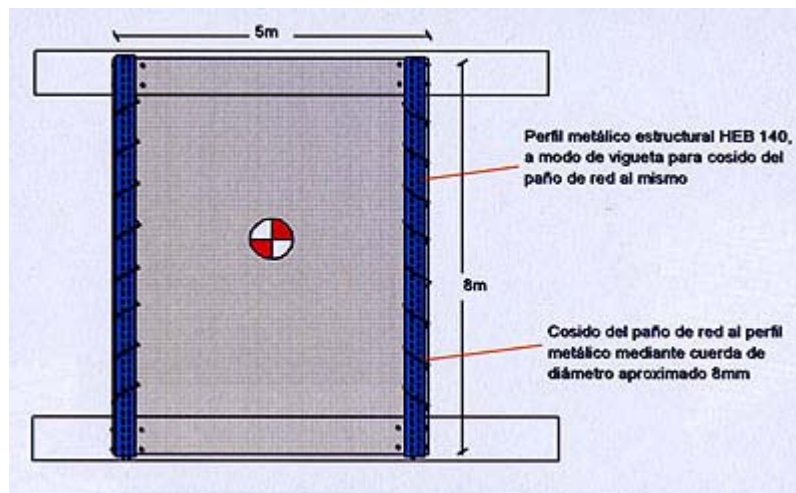
Remarcar por último que este sistema de protección colectiva es válido siempre que utilicemos un sistema de encofrado continuo, aunque el forjado sea unidireccional.

Al igual que en el caso anterior, aunque no existen por el momento especificaciones normalizadas para estas redes, experiencias anteriores nos permiten recomendar unos parámetros orientativos para este Sistema B:

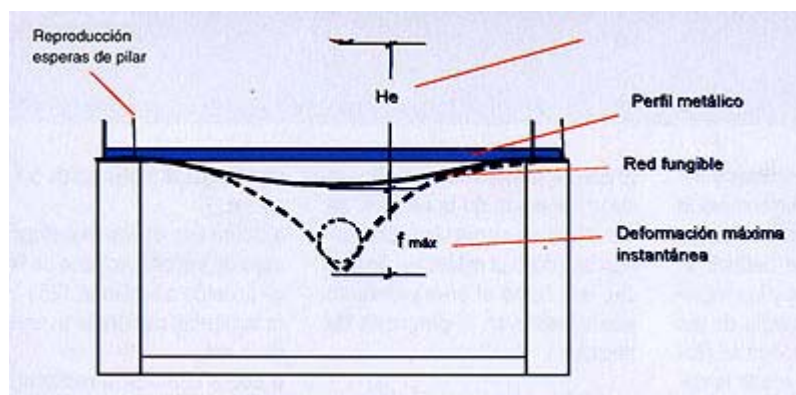
-La red tendrá una composición a base de poliamida HT (alta tenacidad) industrial, con espesores de hilo que serán de al menos 3,5 mm, formando una retícula de malla de  $100 \text{ cm}^2$  (10 x 10 cm), donde la retícula se forma con uniones de malla a malla, y con una cuerda de atado perimetral de 8 o 10 mm de espesor.

-En cuanto a las medidas de la red, aprovecharemos los pasillos que quedan entre los puntales, por lo que la anchura será de 1,20 m, de manera que no quede tensada. En relación a la longitud, ésta variará entre 3, 5 o 10 metros. Por tanto, las medidas serán 10 x 1,20m/5x1,20m/3x1,20m.

-Ganchos de unión de la red al puntal: la experiencia nos ha demostrado que el diámetro de estos ganchos debe ser de al menos 8 mm, ya que espesores inferiores no proporcionan seguridad al sistema.



Vista en planta de la disposición de ensayo redes uso único



Vista en sección de la disposición de ensayo redes de uso único

**Requisitos de seguridad.** En el momento de la puesta en marcha del grupo de trabajo de normalización ya existían experiencias previas realizadas en obra. Éstas consistían en la determinación de resultados mediante unas pruebas dinámicas de la red montada, con esfera de 100 Kgs, con alturas de caída del orden de 1 m.

Para las redes empleadas y estas alturas de caída, se comprobó en obra que las redes resistieron, pero no era posible deducir el margen de seguridad y los requisitos mínimos de energía de las redes, así como tampoco se disponía de datos para medir la capacidad de carga de los puntos de anclaje en el caso del Sistema B.

Los requisitos de seguridad pretenden fijar únicamente los parámetros de aceptación de los ensayos para cumplimiento de unas determinadas especificaciones de las redes de seguridad.

Para la obtención de estos requisitos mínimos se parte en el grupo de trabajo de normalización del estado del arte actual, es decir, los fabricantes interesados aportaron paños de diversas composiciones (poliamida, polipropileno, etc.) para caracterizar la energía de estos materiales.

**Ensayos prenormativos para la determinación de la energía de las redes de seguridad.** Se definen las pruebas estáticas, dinámicas, así como el envejecimiento que constituyen el programa de ensayos.

### Sistema A. Redes de seguridad bajo forjado de uso único.

#### A) Pruebas estáticas.

Se han estudiado tres casos de energía como máximo para una red tipo, para posteriormente evaluar la respuesta en los ensayos dinámicos de la red.

Red tipo se considera en función del material, abertura de malla y tipo de nudo.

Para cada tipo de redes de seguridad de uso único con distinto gramaje y, por tanto, con distinta energía de rotura, se realizaron los siguientes ensayos:

Para cada tipo y para cada nivel de energía: 4 muestras de 3 x 3 m de red.

Sobre tres de las muestras: ensayo de tracción estática de la red de acuerdo a la Norma 1263-1 para la determinación de la energía de la red.

Sobre la muestra restante, extracción de trencillas de red y realización de los siguientes ensayos:

-Determinación de la abertura de malla o distancia de malla

-Determinación del título en dTx

-Tres ensayos de tracción de trencilla nueva



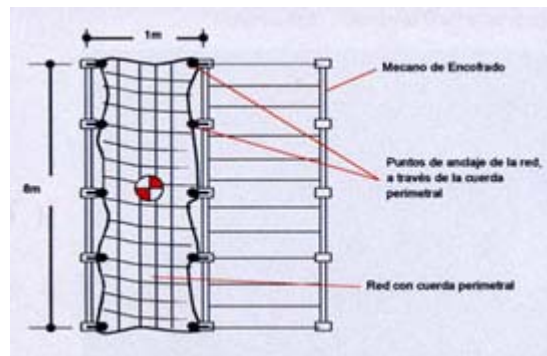
Disposición del ensayo dinámico del Sistema A. en las instalaciones de AIDICO

### B) Pruebas dinámicas

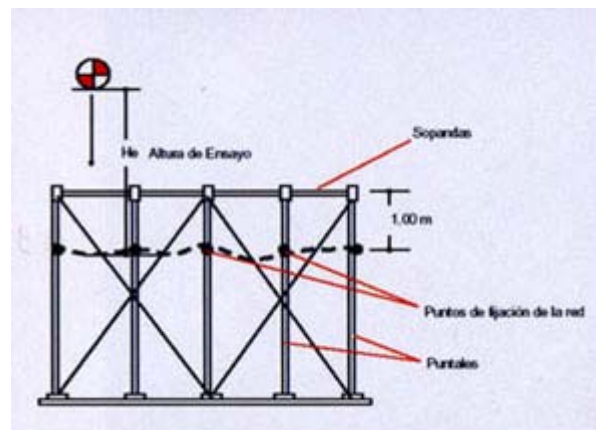
Se adopta, en principio, la masa de 100 kg determinada en la UNE 1263 como tipo a ensayar, ya que la utilización de otros prototipos no es sencilla. La altura de caída se define como la distancia entre el nivel de la red y la plataforma de trabajo.

Se diseña un ensayo, tal como se muestra en las figuras que aparecen arriba, tratando de reproducir de forma aproximada su instalación en obra, con un paño de red de 5 x 8 m, y se realiza el ensayo dejando caer la masa mencionada a diversas alturas hasta fracaso de la red.

Como mínimo, se realizan dos impactos para cada altura y tipo de red.



Vista en planta de la disposición ensayo redes reutilizables



Vista en sección de la disposición de ensayo redes reutilizables

## Sistema B: Redes de seguridad bajo forjado reutilizables.

### A) Pruebas estáticas

Se estudian tres casos de energía como máximo, para una red tipo, para posteriormente evaluar la respuesta en los ensayos dinámicos de la red.

Red tipo se considera en función del material, abertura de malla y tipo de nudo.

Para cada tipo de red de seguridad reutilizable con distinto gramaje, y por tanto con distinta energía de rotura, se realizan los siguientes ensayos:

-Para cada tipo y para cada nivel de energía: 4 muestras de 3 x 3 m de red.

-Sobre tres de las muestras: ensayo de tracción estática de la red de acuerdo a la Norma 1263-1 para la determinación de la energía de la red.

Sobre la muestra restante, extracción de trencillas de red y realización de los siguientes ensayos:

-Determinación de la abertura de malla o distancia de malla.

-Determinación del título en dtex.

-3 ensayos de tracción de trencilla nueva.

-3 ensayos de envejecimiento acelerado (estamos ante una red reutilizable).

-3 ensayos de tracción de trencilla envejecida.

Sobre la cuerda perimetral: ensayos de tracción estática sobre cada tipo de cuerda.



Proceso de montaje de las redes de seguridad bajo forjado reutilizadas (Sistema B)



### B) Pruebas dinámicas

Se diseña igualmente un ensayo, tal como se muestra en las figuras que aparecen en la página siguiente, tratando de reproducir de forma aproximada su instalación en obra. Así, se preparan en la torre de ensayos 2 calles de 2 x 8 m de mecano para montaje de redes reutilizables. Está prevista la realización del ensayo dejando caer la masa de 100 kgs a diversas alturas hasta fracaso de la red. Como mínimo se realizan dos impactos para cada altura y tipo de red.

**Repercusión económica.** Para la obtención de datos reales sobre la experiencia y la repercusión económica de estas redes de seguridad se ha consultado con la empresa ETOSA, especializada en la ejecución de estructuras de hormigón armado.

Esta empresa ha obtenido el siguiente resultado después de la utilización de las redes de seguridad bajo forjado durante más de dos años:



Diversos tipos de ganchos para sujeción de la cuenta perimetral de las redes al puntal (Sistema B)

#### **Sistema A:** Redes de seguridad de uso único.

Para una obra tipo de unos 10.000 m<sup>2</sup> (10 plantas de 1.000 m<sup>2</sup>), por cada 500 m<sup>2</sup> se necesitan en total 6 horas para el montaje de las redes (2 operarios) y para su desmontaje 2 horas en total. En cuanto al coste del material ronda los 0,30 euros/m<sup>2</sup>. Así pues, la repercusión que aplica esta empresa para sus estudios de obras y ofertas es de 0,60 euros/m<sup>2</sup>.

#### **Sistema B:** Redes de seguridad reutilizables.

Igualmente, para una obra tipo de unos 10.000 m<sup>2</sup> (10 plantas de 1.000 m<sup>2</sup>), por cada 500 m<sup>2</sup> se necesitan en total 4 horas para el montaje de las redes (2 operarios) y para su desmontaje 1 hora en total. En cuanto al coste del material se descompone en 0,72 euros/m<sup>2</sup> (red reutilizable con cuerda perimetral), a lo que habría que sumar 0,33 euros/m<sup>2</sup> (ganchos de sujeción - 1,5 uds/m<sup>2</sup>). Así pues, la repercusión que aplica esta empresa para sus estudios de obras y ofertas es de 0,27 euros/m<sup>2</sup>, cuando se contempla un único uso de la misma, pero como lo normal es amortizarla en varias ocasiones, si la utilizamos tres veces la repercusión llega hasta los 0,18 euros/m<sup>2</sup>.

**Situaciones.** A simple vista parece obvio desde el punto de vista económico, que es más interesante la utilización de redes de seguridad reutilizables (sistema B), pero es necesario indicar que en la práctica podremos encontrarnos situaciones en las que no será recomendable su aplicación por las dificultades que conlleva, como por ejemplo cuando tengamos una altura de forjado mayor de 3 metros, tal como ocurre en los bajos comerciales, ya que la repercusión económica anteriormente obtenida está basada en la colocación manual sin el uso de medios auxiliares (escaleras, andamios). En el caso de que tuviésemos que utilizar medios auxiliares para su colocación, esto nos llevaría a una reducción de rendimientos y por tanto a un mayor coste de la mano de obra. En estas situaciones, la experiencia demuestra que el Sistema A es una mejor solución. También podemos encontrarnos con esquemas similares cuando no dispongamos de un encofrado continuo o el sistema estructural tenga luces irregulares y vigas de cuelgo, etc...

**Comentarios finales.** Para finalizar, quería volver a remarcar, después de lo comentado en los apartados anteriores, que las redes de seguridad bajo forjado, constituyen una solución técnicamente apropiada y económica para detener la caída de personas desde alturas en el montaje de encofrados de los forjados.

En este sentido, estamos trabajando desde el año 2002 en un grupo de normalización de AENOR (AEN//CTN-081/SC-2/GT-6) más de 23 empresas, asociaciones o entidades, representadas por 27 expertos.

Esta investigación prenormativa, que a medio plazo dará como resultado una norma UNE de referencia, es sólo un primer paso para mejorar las condiciones de seguridad en el montaje de los encofrados de los forjados en nuestras obras. Será necesario que tras la experiencia adquirida, paralelamente o independientemente, se desarrollen Guías Técnicas al respecto. <<

#### **Referencias**

- UNE-EN 1263-1. Redes de Seguridad. Parte 1: Requisitos de Seguridad, métodos de ensayo (enero 2004).

- UNE-EN 1263-2. Redes de Seguridad. Parte 2: Requisitos de Seguridad para los límites de instalación (enero 2004).

- Las redes de seguridad en la construcción. Universidad de Alicante y Direcció General de Treball. Autores: José Sáiz Nuñez, Ramón Irlés Más, Gustavo Arcenegui Parreño, Mariano Naharro Alarcón.



**Volver al Sumario**