

ESTUDIO ACERCA DE LAS ROTURAS ORIGINADAS EN CABLES DE ACERO PARA ELEVACION DE CARGAS

Por José María CORTES DIAZ

Perito industrial metalúrgico e ingeniero técnico en mecánica

Con la colaboración de

José Acosta Calderón, maestro industrial

INTRODUCCION

El presente trabajo pretende servir de guía en el análisis elemental de las posibles causas que pueden motivar la rotura de cables en servicio.

De todos es conocido la gran cantidad de esfuerzos simples y compuestos que se originan durante la vida de un cable, tanto sobre los cordones como sobre los alambres. El problema de calcular estos esfuerzos, y, muy especialmente, cuando intervienen efectos dinámicos, entraña grandes dificultades, ya que esfuerzos simples, como tracción y flexión, ejercidos sobre un cable, pueden transformarse, según los diversos tipos de cables, en otros esfuerzos sobre los alambres que lo componen.

Por ello es frecuente, en lugar de realizar el cálculo de un cable a partir del análisis de los esfuerzos a que se encuentran sometidos, recurrir exclusivamente a la carga de rotura multiplicada por un coeficiente de seguridad suficientemente amplio, para que nunca la suma de los esfuerzos no calculados superen el valor así obtenido. Si bien estos coeficientes de seguridad asignados a los cables son suficientemente amplios, cuando sea presumible que algún tipo de esfuerzo pueda alcanzar un elevado valor habrá que conocer y cuantificar tales esfuerzos, a fin de que, bajo ningún concepto, la suma total de todos ellos sobrepase su límite elástico.

Existen fórmulas más o menos empíricas que nos permiten evaluar aquellos esfuerzos más importantes, como son tracción estática y dinámica, rozamiento, flexión, etc. No obstante, el cable durante su vida en servicio está sometido a corrosión, fatiga, efectos de entalla, etc., que pueden modificar totalmente su comportamiento.

La falta de precauciones que deben ser tomadas en el manejo de cables, hacen que el accidente originado por la rotura de cables sea, por desgracia, bastante frecuente y en ocasiones, por razones de su utilización, de consecuencias graves. Por ello, son numerosos los casos de rotura de cables que hemos tenido que investigar, y en gran número de ellos la rotura fue debida a no haber tenido en cuenta los coeficientes mínimos de seguridad ordenados por las disposiciones legales, que si en un principio podrían parecer excesivos, no lo son en tanto que en la vida de un cable se desarrollan una cantidad de esfuerzos y circunstancias tales, que sus efectos pueden ser imprevisibles.

El método que vamos a desarrollar para la investigación de las posibles causas de accidentes ha sido realizado teniendo en cuenta sólo las causas generales y que en una gran mayoría de casos no se pueda disponer de la longitud de cable necesario para realizar los ensayos más que a partir de muestras de menores dimensiones que las indicadas en la normativa o en bastantes casos, los cables que se reciben después de un accidente aparecen, con frecuencia, destrenzados, obligándonos ello a calcular su resistencia a partir de la de los hilos constitutivos.

Por otra parte, la limitación lógica de la longitud de carrera de las máquinas de tracción verticales, las más frecuentes por su mayor aplicación, no permitirían la realización de los ensayos de cables de grandes diámetros, sino de la forma que indicamos en el presente estudio.

DESARROLLO

El método que vamos a describir consiste en los siguientes puntos:

- Estudio de antecedentes.
- Identificación e inspección ocular.
- Determinación de la carga de rotura.

ESTUDIO DE ANTECEDENTES

Dentro de este apartado el investigador debe conocer todas las circunstancias que incidieron sobre la vida del cable en servicio hasta la rotura. En este sentido hay que analizar:

- Vida de servicio (aplicaciones y tiempo hasta que se produjo la rotura).
- Relación entre los diámetros de las poleas o tambores de enrollamiento y los del cable y alambres.
- Zonas de contacto del cable sobre poleas o tambores acanalados.
- Posibles faltas de alineación entre poleas.
- Forma y distribución de los elementos de amarré (grapas, gazas, etc.)
- Período de almacenaje antes de su utilización, con indicación del ambiente a que estuvo sometido (polvo, humedad, temperatura, etc.)
- Tipo de revisión.
- Frecuencia de las revisiones.

CUADRO III

COMPOSICION	Límite de las pérdidas de cableado expresado en % de la carga de rotura averiguada
6 × 4 + 1 Ordinario	10
6 × 19 + 1 Ordinario	14
6 × 27 + 1 Ordinario	17,5
6 × 12 + 1 Con alma textil	10
6 × 24 + 1 Con alma textil	13
18 × 7 + 1 Antigiratorio	22
34 × 7 + 1 Antigiratorio	25
6 × 19 + 1 Seale	14
6 × 25 + 1 Relleno	14
6 × 36 + 1 Warrington-Seale	16
6 × 19 + 1 Seale	16
6 × 19 + (7 × 7 + 0) Seale	16

Carga de rotura mínima.—Es la carga que debe alcanzarse o sobrepasarse en el ensayo de rotura del cable completo, realizado de acuerdo con la norma UNE 36.711.

Viene dada por la expresión:

$$\text{Carga de rotura mínima} = \frac{K' \times d^2 \times Ro}{1.000} \text{ KN,}$$

siendo:

d = Diámetro nominal del cable en milímetros.

Ro = Resistencia de los alambres en N/mm².

K' = Coeficiente empírico para la carga de rotura mínima para un cable de composición determinada.

Los valores de K' se han incluido en el cuadro siguiente.

CUADRO IV

Composición del cable	Coeficientes de carga de rotura efectiva del cable		$\frac{K'}{K'}$
	Alma textil K'_1	Alma de cuero K'_2	
6 × 7	0,3322	0,3588	1,08
6 × 19	0,3073	0,3319	1,08
6 × 37	0,2948	—	—
6 × 19 Seale	0,3309	0,3574	1,08
6 × 19 Relleno	0,3377	0,3647	1,08
6 × 36 W. Seale	0,3299	0,3563	1,08
6 × 41 W. Seale	0,3299	0,3563	1,08
6 × 24	0,2802	—	—
17 × 7	0,3186	—	—
34 × 7	0,3122	—	—

Carga de rotura media de un cable.—Es el valor de la carga máxima necesaria para romper una muestra de cable en el ensayo de tracción, realizado según la norma UNE 7326.

Carga de rotura nominal total.—Es el producto de la suma de secciones nominales de todos los alambres del cable multiplicada por su resistencia nominal.

Carga de rotura total media (efectiva).—Es la suma de las cargas de rotura de todos los alambres tomados de una muestra de cable y ensayados separadamente.

El método que se describe a continuación, único factible en determinados casos de accidentes, consiste en determinar la carga de rotura garantizada, a partir de las cargas de rotura de los alambres que componen el cable, utilizando para ello una máquina de tracción universal vertical.

Esta determinación se realiza de la siguiente forma:

a) *Preparación de las muestras.*

Las muestras de alambres a ensayar se obtendrán a partir del trozo o trozos de cables disponibles, cortando unos 300 milímetros y destrenzando y enderezando sus alambres.

De este conjunto se separan al azar 10 alambres, se enderezarán con la mano o con martillo de madera o plástico, apoyándolo sobre una superficie de material blando que no dañe el alambre y se determina su diámetro con una precisión no inferior al 1 por 100, y como media aritmética de dos medidas efectuadas sobre dos diámetros perpendiculares.

b) *Ejecución del ensayo.*

Se efectúa sobre todas las probetas con una longitud útil aproximada de 200 milímetros.

La velocidad de aplicación de la carga será inferior a 10 kgf/mm² por segundo.

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos de rotura a la tracción de los alambres, se obtendrá el valor medio.

$$\sigma_m = \frac{\sum \sigma_i}{10}$$

y a partir de este valor la carga de rotura averiguada.

Carga de rotura averigua = σ_m . Número total de hilos del cable.

Los valores de σ_m , obtenidos podrán estar incluidos en alguna de las siguientes categorías (UNE 36 710, 36 712 y 26 713) que sensiblemente coinciden con las calidades facilitadas por los fabricantes en sus catálogos.

CUADRO V

RESISTENCIA A LA ROTURA (kgf/mm ²)		
Uso general	Extracción en minería	Ascensores y montacargas
—	120	—
—	130	—
145	145	140
160	160	160
180	180	180

Los valores máximos obtenidos al ensayar los diez alambres nos indicarán las calidades de los alambres componentes del cable.

A partir de este valor y mediante el uso de los valores indicados en el cuadro IV, u otros similares indicados en catálogos de fabricantes, se determina la carga de rotura garantizada a partir de la expresión:

Carga de rotura garantizada = Carga de rotura averiguada — tanto por ciento pérdida debida al cableado.

- Carga máxima que transporta frecuentemente.
- Carga máxima que transportaba en el momento de la rotura.
- Tipo de carga.
- Frecuencia de la operación.
- Velocidad de trabajo.
- Condiciones del medio ambiente de trabajo (corrosión, temperatura, desgaste, sacudidas, etc.).

IDENTIFICACION E INSPECCION OCULAR

La identificación del cable es fundamental, toda vez que por una parte nos permite conocer el tipo de cable, y por otra, sus características más fundamentales (diámetros del cable y alambres, composición, torsión, protección frente a la corrosión, etc.).

Esta identificación del cable permitirá, en primer lugar, poner de manifiesto si el cable utilizado fue el adecuado para el trabajo que se estaba realizando.

La determinación del diámetro y el conocimiento del tipo de cable permitirán saber, de forma aproximada, previa estimación de su carga de rotura, facilitada por cualquier catálogo de fabricantes de cables y los coeficientes de seguridad a considerar en cada caso, si la carga transportada cuando sobrevino la rotura era superior a la de seguridad calculada a partir de los coeficientes indicados en el cuadro I.

CUADRO I
COEFICIENTE DE SEGURIDAD

APLICACION	Coefficiente de seguridad
Telesféricos monocables	5 - 8
Cables tractor de telesféricos tricables	4,5 - 7
Cables carriles de telesféricos tricables	3,5 - 5
Cables funiculares	9 - 12
Cables de tornos y cabestrantes	4 - 6
Cables de grúas	6 - 10
Ferrocarriles funiculares	9 - 10
Cables para planos indicados	7 - 10
Cables de pozos de extracción	8 - 12
Cables de ascensores	10 - 16
Cables de montacargas	8 - 10
Profundización de pozos	11 - 13

Si bien la identificación del cable no ofrece la menor dificultad a partir de un trozo de cable, la obtención de posibles causas de rotura, a partir de la inspección ocular practicada, requiere de una mayor especialización por parte del que la realiza, que, con frecuencia, se deberá auxiliar de lupa o microscopio de reducido aumento.

Para esta inspección es necesario disponer de trozos de cables que contengan la zona de rotura.

La inspección ocular practicada pondrá de manifiesto posibles causas de rotura del cable:

- Falta de engrase.
- Aplastamientos.
- Corrosión.
- Tipos de rotura (tracción, cortadura, etc.).

En el cuadro II se incluyen las formas de rotura más generalizadas, así como sus posibles causas.

CUADRO II

CAUSAS DE ROTURA	FORMAS DE ROTURA
TRACCION	
FLEXION	
ROZAMIENTO	
APLASTAMIENTO	
CORTADURA	
CORROSION	

DETERMINACION DE LA CARGA DE ROTURA

Si bien es frecuente hablar de carga de rotura a la tracción de un cable, la existencia de diferentes acepciones incluidas dentro de esta denominación genérica hace necesario incluir los siguientes conceptos:

Carga de rotura calculada.—Se obtiene multiplicando el número de alambres del cable por el producto de la sección recta de cada alambre por la tensión nominal mínima de dicho alambre.

Carga de rotura averiguada.—Se obtiene sumando las cargas de rotura reales de todos los alambres de un cable, determinadas mediante ensayos individuales de tracción de todos los alambres. No obstante, está aceptado universalmente realizar los ensayos sólo sobre un número determinado de hilos, no inferior al 10 por 100 del total, y tomar, como valor de la resistencia real, el valor medio de los obtenidos en los ensayos realizados.

Carga de rotura real.—Se obtiene al someter a tracción un trozo de cable.

Este valor, si bien es el que debe ser estudiado para conocer las prestaciones del cable, no es posible llevarlo a la práctica en la investigación de causas de rotura, es decir, en accidentes o incidentes ya consumados por las razones anteriormente indicadas (falta de trozos de cable suficiente para la realización del ensayo, la escasa existencia de máquinas de tracción horizontal, etc.)

Por ello, en su lugar puede determinarse la carga de rotura garantizada.

Carga de rotura garantizada.—Se obtiene deduciendo de la carga de rotura calculada o averiguada, las pérdidas debidas al cableado.

Puesto que estas pérdidas alcanzan valores considerables, como se observa de los valores indicados en el cuadro III, fijados para algunos tipos de cables por el European Wire Rope Information Service, las cargas a considerar en el estudio de la rotura de un cable habrán de ser la real o la garantizada.