



ORGANIZZAZIONE INTERNAZIONALE TRASPORTI A FUNE
INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR DAS SEILBAHNWESEN
ORGANISATION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS A CABLES
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR TRANSPORTATION BY ROPE
ORGANISACION INTERNACIONAL DES TRANSPORTES POR CABLE

Recomendaciones técnicas para la fuerza

CUADERNO N. 28
(Publicado en mayo de 2014)

RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LUBRICACIÓN DURANTE LA FABRICACIÓN O DURANTE EL USO DE CABLES DE ACERO DESTINADOS A INSTALACIONES DE TRANSPORTE DE PERSONAS POR CABLE

Esta recomendación no es de aplicación obligatoria, pero constituye un documento de trabajo a disposición de la profesión. Su aplicación sería deseable en todos los países, sin perjuicio de las normas nacionales y de las disposiciones administrativas que prevalecen en cada caso.



ROMA 1957
PARIS 1963
LUZERN 1969
WIEN 1975
MÜNCHEN 1981
GRENOBLE 1987
BARCELONA 1993
SAN FRANCISCO 1999
INNSBRUCK 2005
RIO DE JANEIRO 2011
BOLZANO / BOZEN 2017

Sede : I-00144 ROMA – Viale Pasteur, 10
Segreteria: Ufficio Trasporti Funiviari
I-BOLZANO Piazza Silvius Magnago 3
Email: info@oitaf.org

ORGANIZZAZIONE INTERNAZIONALE TRASPORTI A FUNE
INTERNATIONALE ORGANISATION FÜR DAS SEILBAHNWESEN
ORGANISATION INTERNATIONALE DES TRANSPORTS A CABLES
INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR TRANSPORTATION BY ROPE
ORGANISACION INTERNACIONAL DES TRANSPORTES POR CABLE

O. I. T. A. F.

CUADERNO N.º 28

Publicado en mayo de 2014

RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE LUBRICACIÓN DURANTE LA FABRICACIÓN O DURANTE EL USO DE CABLES DE ACERO DESTINADOS A INSTALACIONES DE TRANSPORTE DE PERSONAS POR CABLE

**Redactado entre septiembre de 2011 y octubre de
2013 por la Comisión de estudio n.º II de la OITAF**

Índice

PRÓLOGO	3
INTRODUCCIÓN	4
1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS	5
1.1 Principios de la lubricación de cables metálicos	5
1.2 Condiciones aplicables a los cables	8
1.3 Condiciones aplicables a las instalaciones de transporte por cable	9
1.4 Condiciones aplicables a la explotación de instalaciones de transporte por cable	9
1.5 Condiciones complementarias	10
2 LUBRICACIÓN DURANTE LA EXPLOTACIÓN	11
2.1 Preámbulo	11
2.2 Métodos de lubricación durante la explotación	11
2.3 Frecuencia	13
2.4 Observaciones generales	13
3 POSIBLES RIESGOS	14
4 OBSERVACIONES FINALES	15
5 TERMINOLOGÍA	15

PRÓLOGO

Los documentos de especificaciones técnicas 4 y 21 (recomendaciones de engrase y relubricación de cables de instalaciones de transporte por cable) no han sido objeto de modificaciones en muchos años, por ello la Organización Internacional de Transportes por Cable (OITAF) ha decidido revisarlos. El comité de dirección ha aprobado la propuesta de la comisión de estudios, que consiste en agrupar ambas recomendaciones en un único documento técnico (el nuevo documento de especificaciones n.º 28).

Las nuevas recomendaciones son fruto de la colaboración y la contribución de expertos procedentes del sector de la fabricación de cables, las instalaciones por cable y la explotación de instalaciones por cable, además de autoridades de supervisión, organismos de control, universidades y asesores independientes de los siguientes países: Alemania, Francia, Italia, Austria, Suiza y Estados Unidos. Se ha recabado asimismo la opinión de 176 operadores de instalaciones de transporte por cable.

El grupo de trabajo estaba formado por los miembros siguientes:

Amiet, Urs	OFT, Berna (CH)
Baldinger, Peter (presidente)	Teufelberger Seil GmbH, Wels (AT)
Baron, Pierre-François	Arcelor Mittal Wire France, Bourg-en-Bresse (FR)
Beha, Rudolf	Leitner AG, Sterzing (IT)
Boyden, George	Sandia Peak Tram Co, Albuquerque (US)
Collina, Andrea	Escuela politécnica de Milán, Milán (IT)
Contardo, Stéphane	STRMTG, St.-Martin-d'Hères (FR)
Egger, Josef	Bergbahn AG, Kitzbühel (AT)
Hinterndorfer, Bernhard	TVFA / TU Wien, Viena (AT)
Huber, Peter	VDS / Zugspitzbahn AG, Garmisch (DE)
Kopanakis, Georg	Asesor, Coblenza (CH)
Kühner, Konstantin	Universidad de Stuttgart, Stuttgart (DE)
Longatti, Bruno	Fatzer AG, Romanshorn (CH)
Machalik, Hans	BMVIT, Viena (AT)
Martinet, Christophe	Organismo de control de remontes, St.-Hilaire-du-Touvet (FR)
Paglia, Federico	Redaelli Tecna S.p.A., Brescia (IT)
Pernot, Stéphane	STRMTG, St.-Martin-d'Hères (FR)
Pesciallo, Renzo	SBS, Berna (CH)
Sutter, Josef	Doppelmayr Seilbahnen GmbH, Wolfurt (AT)
Winter, Sven	Universidad de Stuttgart, Stuttgart (DE)

INTRODUCCIÓN

Las presentes recomendaciones conciernen a la lubricación necesaria durante la fabricación y la explotación de cables de acero destinados a instalaciones de transporte de personas.

Van dirigidas a operadores de instalaciones, fabricantes de cables e instalaciones, así como a fabricantes de lubricantes, y plantean las siguientes condiciones:

- El fabricante de cables debe asegurarse de que el fabricante de lubricantes ha precisado qué lubricante tiene que utilizarse, según los cables de la instalación de transporte por cable.
- El fabricante de cables debe asegurarse de conocer la cantidad exacta de lubricantes que se precisa.
- El fabricante de cables debe asegurarse de que el lubricante utilizado se reparte uniformemente por el cable, en toda su extensión y alrededor de este.
- El operador de instalaciones de transporte por cable debe asegurarse de que el lubricante que usará en posteriores lubricaciones se adecua a las recomendaciones de mantenimiento del fabricante del cable a fin de garantizar la compatibilidad entre el lubricante de fábrica y el que finalmente se utilizará.
- El fabricante de los lubricantes que se utilizan al producir el cable o durante su explotación debe asegurarse de que no provoquen efecto negativo alguno en los hilos (por ejemplo, corrosión) ni en los componentes de plástico.
- Para garantizar que el lubricante responde a todas las exigencias relativas al uso de instalaciones de transporte de personas por cable, el fabricante deberá someterse a todas las pruebas necesarias, que realizarán los organismos de control (véase el capítulo 3, Posibles riesgos).

1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

1.1 Principios de la lubricación de cables metálicos

Los cables requieren lubricación para prolongar la vida útil de los hilos de acero que los componen y retrasar la formación de un punto de rotura, un aspecto importante que evita que se produzcan interrupciones imprevistas en la explotación.

Así pues, el lubricante mejora la protección frente a la corrosión y reduce también el coeficiente de fricción entre hilos y cordones.

Cabe destacar que las propiedades de protección anticorrosión del lubricante no se ven afectadas por ningún límite, al contrario que las propiedades de fricción, que no pueden descender de un determinado valor mínimo. Hay que tener en cuenta que un cable cuyos hilos presenten un coeficiente de fricción igual a «0» deja de tener una propiedad muy importante: que un hilo roto más allá de una cierta distancia del lugar de rotura puede transportar de nuevo toda la carga.

Resulta claro que la protección anticorrosión resulta vital en entornos corrosivos como

- atmósferas salinas,
- lugares con temperatura/humedad elevada,
- lugares con emisiones de efecto corrosivo.

De igual modo, la importancia de la lubricación aumenta con el número de flexiones a medida que

- la velocidad aumenta,
- las horas operativas por día aumentan,
- los días operativos por año aumentan,
- las instalaciones sean más cortas.

Por tanto, cualquier generalización respecto a la lubricación durante la fabricación o la explotación que no tenga en cuenta parámetros de instalación concretos como

- las condiciones climáticas,
- el entorno,
- las condiciones de uso,
- la vida útil prevista

correría el riesgo de perturbar la buena explotación y acabaría implicando pérdidas económicas. Pasar por alto estas cuestiones podría además, llegado el caso, provocar problemas de seguridad.

Las investigaciones efectuadas en el pasado han permitido determinar lo siguiente:

- Toda flexión de un cable alrededor de una polea (flexión forzada/presión local de las superficies entre hilos elevada) implica una corrosión por fricción y la aparición de entalladuras, que actúan como fisuras y podrían provocar la rotura de hilos.
- El lubricante presente entre dos superficies metálicas en contacto actúa de «material intermedio» que reduce la formación de corrosión por fricción y retrasa la aparición de roturas por fatiga.

Los resultados de las investigaciones, realizadas tanto en laboratorio como en instalaciones, pueden resumirse como sigue:

- Básicamente, los lubricantes utilizados no resisten a lo largo de toda la vida útil del cable la alta presión ejercida repetidamente entre los hilos. Cuando el cable se somete a flexiones repetidas, el lubricante pierde la capacidad de proteger de forma integral y duradera los componentes del cable (Fig. 1).

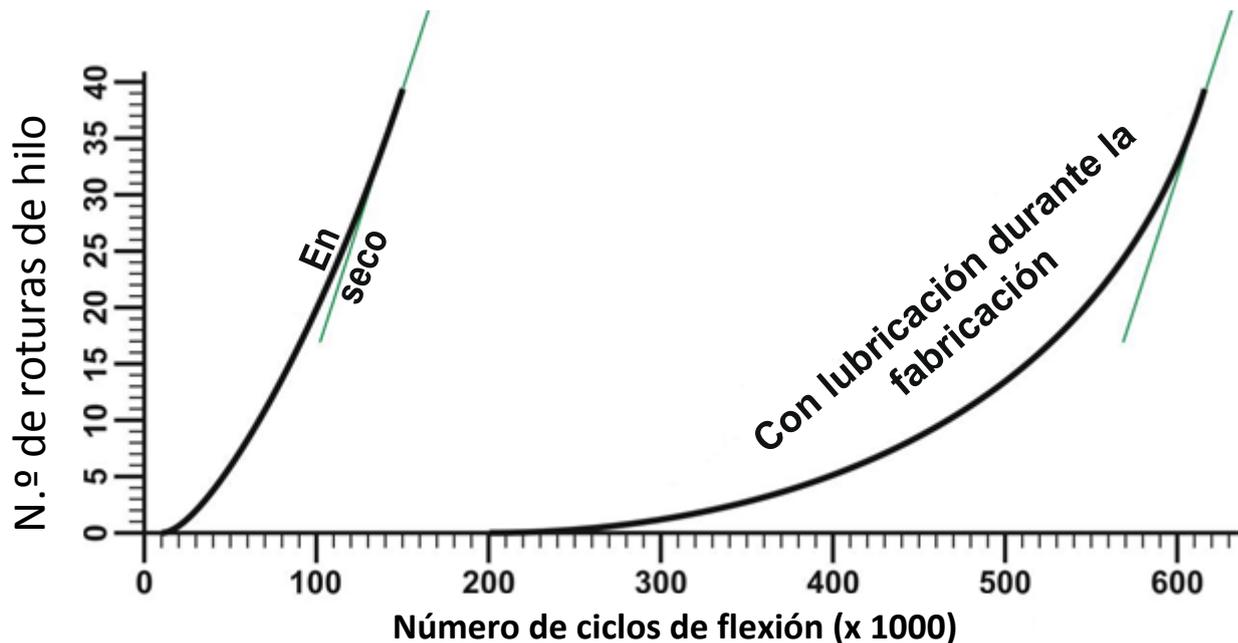


Figura 1: comparación entre un cable «seco» y un cable «lubricado» sometidos a una flexión forzada y a elevadas cargas específicas. El número de roturas del hilo se refiere a una longitud de cable concreta. Resulta evidente que:

- si el cable no está lubricado, el número de roturas de hilo se incrementa de forma significativamente más rápida que si se ha lubricado durante la fabricación,
- la pendiente de la curva de rotura del hilo de un cable no lubricado es, por tanto, equiparable a la de un cable lubricado durante la fabricación (líneas rectas verdes), lo que demuestra que, con el paso del tiempo, el efecto del lubricante inicial se debilita. El lubricante no puede actuar de «material intermedio» entre los hilos durante toda la vida útil del cable. Al alcanzar el final del ciclo de vida, el cable se comporta como si se hubiera fabricado sin lubricación.

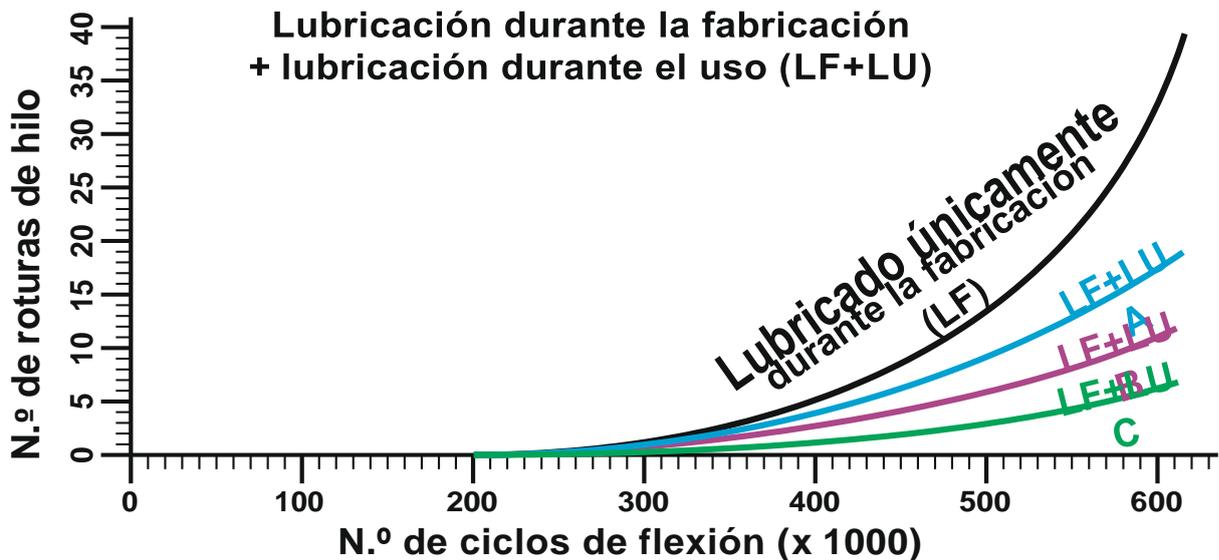


Figura 2: comparación entre un cable lubricado durante la fabricación y otro lubricado de manera continua durante la explotación. Se destaca lo siguiente:

- la lubricación durante la explotación prolonga la vida útil del cable,
- la prolongación de ciclo de vida del cable depende, de forma significativa, del lubricante empleado.

Los resultados señalados son fruto de numerosas investigaciones. Los fragmentos de cable a los que se han aplicado diversos lubricantes pertenecen a un mismo y único cable. Para obtener más detalles, véase *Effects of fretting fatigue on flexed locked coil ropes, Fretting Fatigue*, ESIS 18 (edición a cargo de R. B. Water) 1994, Mechanical Engineering Publications, Londres, pp. 283-294.

De lo anterior pueden deducirse las siguientes conclusiones:

- La capacidad del lubricante utilizado durante la fabricación de deslizarse de nuevo por las superficies de contacto tras relajarse la presión constituye una exigencia de gran importancia (por ejemplo, al tensar un cable nuevamente tras flexionarlo).
- Los cables deben lubricarse en los puntos de flexión para garantizar la penetración del lubricante en el interior del cable gracias al movimiento relativo de los hilos (véase el capítulo 2.2, Métodos de lubricación durante la explotación).

Las exigencias respecto a las propiedades lubricantes y de protección anticorrosión del lubricante vienen determinadas por los siguientes elementos:

- el propio cable,
- la instalación de transporte por cable,
- el uso dado a la instalación.

1.2 Condiciones aplicables a los cables

Por lo que respecta al cable, el lubricante debe cumplir las exigencias siguientes:

- *Adaptabilidad*

El lubricante debe poder adaptarse al cable durante la fabricación. El punto de goteo, la inflamabilidad, la viscosidad y la resistencia a la presión son las características esenciales que hay que tener en cuenta durante la fabricación de cables.

Durante la explotación, el lubricante debe simplemente aplicarse, sin desprender vapores tóxicos de ningún tipo. La disponibilidad de lubricante deberá estar en todo momento garantizada (restricciones de transporte y de almacenamiento de productos peligrosos).

- *Adherencia*

La adherencia del lubricante a la superficie de los hilos debe estar garantizada, pero también deberá poder retirarse durante la fabricación del cable para evitar una lubricación excesiva. Estas dos exigencias entran en contradicción, por lo que es indispensable encontrar un equilibrio.

- *Resistencia a la presión*

Otra de las propiedades esenciales del lubricante es la elevada resistencia a la presión. Para desempeñar mejor su función de «material intermedio» entre los componentes sujetos a fricción (hilos, cordones, insertos de acero), el lubricante tiene que poder resistir cualquier presión provocada por las condiciones de uso.

- *Capacidad de deslizamiento*

Dado que las condiciones de presión provocan que el lubricante se desplace por las superficies de contacto, este deberá poder deslizarse de nuevo entre las superficies tras relajarse la presión. Se trata de un aspecto especialmente relevante porque se ha demostrado que es imposible desarrollar un lubricante capaz de soportar las presiones durante toda la vida útil del cable.

- *Prevención de la formación de fisuras por corrosión*

Las propiedades químicas del lubricante deben impedir la formación de fisuras por corrosión (aparición de fisuras debidas a la presión y los procesos químicos).

- *Protección anticorrosión*

La necesidad de proteger el lubricante frente a la corrosión depende, por una parte, del material de revestimiento del hilo (recubierto o puro) y, por otra parte, de las condiciones externas. A pesar de disponer de amplios conocimientos sobre los materiales de revestimiento de los hilos, las condiciones externas (humedad, contaminación, atmósfera salada, etc.) resultan cambiantes, por lo que cada caso particular requiere un estudio propio.

- *Compatibilidad con los materiales plásticos utilizados*

Dado que hay diferentes materiales plásticos que se utilizan como elementos estructurales esenciales para un cable, conviene asegurarse de que todos sean compatibles con el lubricante.

- *Información sobre la cantidad de lubricante necesaria según el tipo de cable*
 - Todos los cables cerrados deben lubricarse por completo durante la fabricación.
 - El lubricante debe controlarse al fabricar los cordones.
 - Por lo general, los cables formados por cordones no deben lubricarse durante la producción del cable.
 - Los insertos pueden lubricarse.

1.3 Condiciones aplicables a las instalaciones de transporte por cable

Los siguientes criterios son importantes para las instalaciones de transporte por cable:

- *Coeficiente de fricción*

El principio de explotación de la mayoría de instalaciones de transporte por cable se basa en la fricción entre el cable y la polea motriz y entre el cable y la sujeción. El coeficiente de fricción es el parámetro más destacado, por lo que la influencia del lubricante sobre los pares de materiales no puede superar el valor establecido, ya que pondría en peligro la explotación y la seguridad de la instalación de transporte por cable (véase el capítulo 3, Posibles riesgos).

En instalaciones dotadas de freno de carro conviene asegurar que ni el lubricante utilizado durante la fabricación ni el aplicado durante la explotación afecten negativamente al correcto funcionamiento de los frenos (véase el capítulo 3, Posibles riesgos).

En instalaciones que dispongan de «chapeau de gendarme» hay que prestar especial atención a la lubricación durante la explotación; así pues, será necesario acudir al fabricante de la instalación o a un experto.

- *Compatibilidad con los materiales plásticos utilizados*

Debe garantizarse la compatibilidad del lubricante con el revestimiento de las poleas y los rodillos. En el caso concreto de los lubricantes empleados durante el uso cuyo agente engrasante esté disuelto en disolvente, resulta especialmente importante que el agente y el disolvente cumplan las exigencias de compatibilidad técnica (estabilidad química, dilatación, propiedades de adherencia, etc.; véase el capítulo 3, Posibles riesgos).

1.4 Condiciones aplicables a la explotación de instalaciones de transporte por cable

Durante la explotación de las instalaciones de transporte por cable deben tenerse en cuenta los parámetros siguientes:

- *Viscosidad y adherencia*

Para que el lubricante permanezca en el cable y no ensucie la instalación ni el entorno (véase el capítulo 3, Posibles riesgos), la viscosidad y las propiedades de adherencia del lubricante deben resistir adecuadamente cualquier intervalo de temperaturas y cualquier velocidad de la instalación.

- *Resistencia a los rayos UV*

La capacidad de resistir a los rayos UV por parte del lubricante tiene una importancia crucial porque los cables suelen utilizarse a gran altura, y allí la radiación ultravioleta es más elevada que a cotas bajas.

- *Resistencia a las «condiciones climáticas y técnicas»*

La resistencia a las condiciones climáticas originadas por la contaminación del aire adquiere cada vez mayor importancia. Esta situación afecta, por ejemplo, a instalaciones situadas cerca de industrias o en regiones muy urbanizadas que generan gases de escape más nocivos.

- *Ciclo de vida prolongado y resistencia a las temperaturas*

Los cables de las instalaciones suelen utilizarse durante varios años. Durante este tiempo, los lubricantes no pueden descomponerse ni sus propiedades verse afectadas por la variación constante de la temperatura (dentro de los límites autorizados).

- *Cambios en la viscosidad a causa de variaciones de la temperatura o la humedad*

Las condiciones climáticas excepcionales, por ejemplo, una brusca caída de la temperatura seguida de una mayor humedad ambiental, no pueden provocar grandes alteraciones en las propiedades de viscosidad del lubricante (véase el capítulo 3, Posibles riesgos).

1.5 Condiciones complementarias

Los dos aspectos siguientes merecen especial atención:

- *Compatibilidad del lubricante empleado durante la fabricación del cable con el destinado a lubricar el cable durante la explotación*

El lubricante usado durante la fabricación de instalaciones, cordones o del cable en su conjunto debe ser totalmente compatible con el que se aplique durante la explotación.

- *Textura del producto*

Es muy difícil que un lubricante cumpla los requisitos técnicos debido, por un lado, a su elevada complejidad y, por otro, a que muchos de los requisitos son contradictorios. Por ello, cuando se logra una composición óptima debe mantenerse su difícil y frágil equilibrio. Cualquier modificación introducida en la preparación del lubricante puede destruir ese equilibrio y afectar a la calidad de los resultados. Así pues, los fabricantes de cables (lubricación durante la fabricación) y los operadores de las instalaciones (lubricación durante la explotación) deben tomar partido y asegurarse de que el fabricante de los lubricantes procure que los productos no sufran alteración alguna. Los cambios obligatorios que modifiquen la preparación del lubricante por motivos legales, técnicos o incluso económicos deben adoptarse con suma precaución y de común acuerdo con los fabricantes de cables y operadores de instalaciones.

2 LUBRICACIÓN DURANTE LA EXPLOTACIÓN

2.1 Preámbulo

- Consultar el manual de mantenimiento del fabricante del cable.
- Solo los cables que estén limpios pueden lubricarse durante la explotación de las instalaciones.
 - Se recomienda encarecidamente limpiar los cables a intervalos regulares, en especial durante el primer año de uso, cuando se produce la mayor pérdida del lubricante aplicado durante la fabricación. En función del tipo de cable (completamente cerrado, formado por cordones) y del tipo de lubricante aplicado durante la fabricación, se pueden usar cepillos, paños, matrices plásticas, cordones flexibles o materiales parecidos.
 - La limpieza del cable debe realizarse cuando el tiempo sea seco y, a poder ser, frío.
 - Hay que prestar especial atención a no dañar la superficie del cable al limpiarla. Si se pasa un cepillo de acero, nunca podrá usarse verticalmente respecto a los cordones.
 - Se recomienda especialmente no usar disolventes ni sustancias químicas de otro tipo.
 - Si el cable lleva mucho tiempo sin limpiarse, los métodos de limpieza habituales podrían no ser eficaces. En ese caso se recomienda solicitar asistencia al fabricante del cable.

2.2 Métodos de lubricación durante la explotación

- La lubricación durante la explotación debe realizarse en toda la longitud del cable.
- El lubricante empleado debe poder penetrar en el interior de los cordones para reducir la fricción entre ellos.
- A fin de favorecer la penetración, el proceso de lubricación tiene que realizarse en un punto de flexión del cable. Debe comprobarse que el lubricante cubra la totalidad de la superficie del cable en el punto de flexión elegido (superficie «humedecida», véase la Fig. 3). La lubricación durante la explotación debe realizarse lejos de la unidad de accionamiento para evitar posibles problemas provocados por la reducción del coeficiente de fricción entre la polea motriz y el cable.

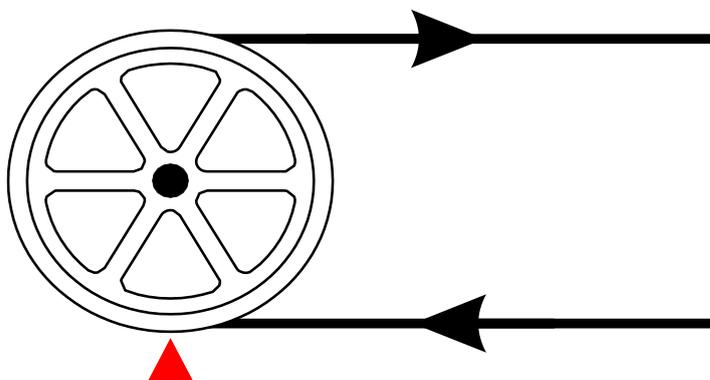


Figura 3: la lubricación debe efectuarse en un punto de flexión

- En cuanto a la lubricación durante la explotación de un cable fijo (por ejemplo, un cable carril), se recomienda aplicar el lubricante por encima de los rodillos del vehículo (en el sentido de la marcha).
- Si se aplica una cantidad considerable de lubricante, deberá retirarse el producto sobrante con cuidado y comprobar que la superficie del cable permanezca visible.
- La cantidad más adecuada se determina con la práctica. La Fig. 4 muestra las cantidades habituales. Si se tiene poca experiencia, lo mejor es comenzar con cantidades pequeñas.

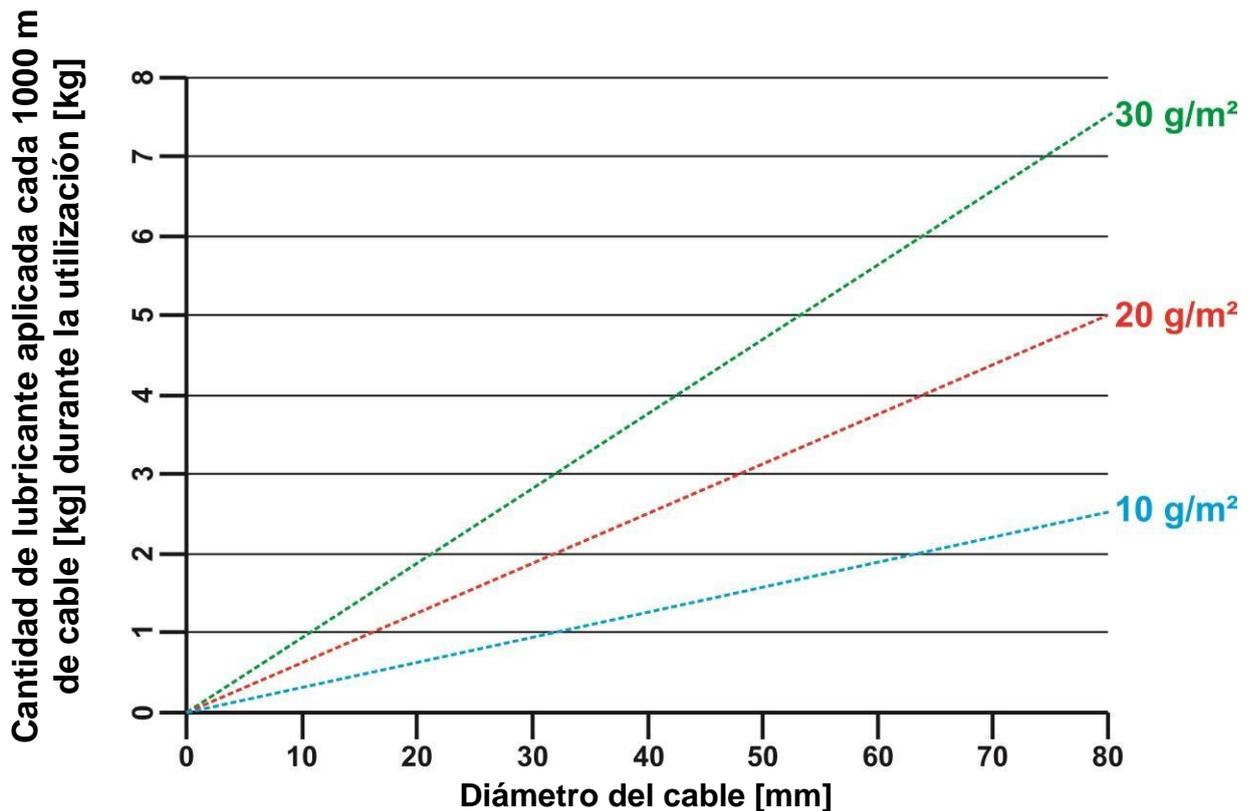


Figura 4: gráfico que muestra la cantidad de lubricante necesaria en kg por cada 1000 m de cable en función de su diámetro y de la cantidad de lubricante en g/m² presente en la superficie del hilo.

- La lubricación durante la explotación siempre debe realizarse con tiempo seco y con los cables limpios. La temperatura mínima debe elegirse de acuerdo con el lubricante que se utilice para que la evaporación del disolvente se produzca lo antes posible.
- Para obtener los mejores resultados al lubricar durante la explotación a veces es necesario usar dispositivos (de proyección, de distribución del cuentagotas) así como métodos de aplicación especialmente desarrollados para la instalación en concreto.
- El método elegido debe garantizar que la superficie del cable, en el punto de lubricación, quede recubierta de una fina capa de lubricante. A continuación, se utilizarán los dispositivos de proyección o de distribución del cuentagotas, los cepillos o los paños de fieltro. El lubricante sobrante situado después del punto de flexión (donde el cable se endereza de nuevo) debe retirarse con un raspador.

2.3 Frecuencia

- Longitud total del cable: la frecuencia de la lubricación durante la explotación se determina según la frecuencia de los trayectos (número de ciclos de flexión) y el entorno.
- Por lo general, debe efectuarse al menos una vez al año.
- Una vez lubricado el cable, las posteriores lubricaciones deben realizarse siempre de manera coherente.
- Zonas concretas del cable:
 - Empalmes: si se trata de empalmes largos, únicamente los nudos de empalme y las zonas de impacto deberán lubricarse con carácter mensual (tras la inspección visual periódica).
 - Cable carril/cadena de rodillos: se recomienda lubricar la parte del cable flexionada, por encima de la cadena de rodillos y a intervalos regulares (preferiblemente de forma continua). Si no se dispone de ningún dispositivo de lubricación continua deberá procederse a la lubricación de la parte del cable en cuestión al menos una vez al mes, tras la inspección visual periódica.
 - Cable carril/tambor: debe comprobarse que la parte de cable que rodea el tambor siempre sea visible y esté protegida para evitar la corrosión.
 - Cable carril/torre: se recomienda lubricar a intervalos regulares (por ejemplo, una vez al mes) las zonas del cable flexionadas, situadas sobre la zapata de la torre, en especial las dos zonas de flexión que se alternan al entrar y salir de la torre.
 - Cables tensores: se aconseja lubricar la parte del cable flexionada, situada sobre la polea tensora, al menos una vez al mes (tras la inspección visual periódica).

2.4 Observaciones generales

- Se recomienda encarecidamente anotar todos los procesos de lubricación. Conviene anotar lo siguiente: fecha, nombre de la persona responsable, tipo y cantidad de lubricante utilizado, condiciones meteorológicas, métodos de aplicación concretos y duración de la parada técnica.
- Antes de retomar la explotación, el operador debe asegurarse de que la lubricación no haya provocado potenciales problemas. Se aconseja verificar la instalación (en especial los rodillos, las poleas, las mordazas de sujeción y cualquier posible alteración debida a la necesaria fricción, etc.). En caso necesario se aplicarán las medidas pertinentes o bien se definirá el siguiente proceso de lubricación en función de los resultados obtenidos.

- Para evitar que el cable y la zapata friccionen en exceso, las zapatas de los cables-carril deben lubricarse con un agente engrasante específico. Los productos utilizados y los intervalos entre lubricaciones deben ajustarse a las recomendaciones del fabricante de la instalación de transporte por cable.
- Es imperativo seguir al pie de la letra las medidas de seguridad y de protección del medio ambiente que figuran en las fichas técnicas de los lubricantes utilizados.
- Se aconseja realizar una inspección visual entre la limpieza y la lubricación.

3 POSIBLES RIESGOS

¡Atención! Si por cualquier motivo el lubricante utilizado (durante la fabricación o la explotación) era erróneo o se ha aplicado incorrectamente, podrían aparecer los peligros siguientes:

- *Coeficiente de fricción*

El lubricante utilizado durante la explotación podría afectar al coeficiente de fricción y provocar grandes problemas e incluso situaciones peligrosas para el sistema de la instalación de transporte por cable. La lubricación de los cables tractor y carril debe someterse a lo que estipula la norma sobre coeficiente de fricción mínimo autorizado (véase EN 12385, parte 8, anexo A.2.1: «Coeficiente de fricción: el valor del coeficiente de fricción debe ser $> 0,22$ °C a 20 °C; deberá determinarse de acuerdo con la norma DIN 21258»).

Aunque se utilice un lubricante conforme a la norma, es vital asegurarse de que la cantidad aplicada no supere el máximo indicado por el fabricante del cable, ya que se ha demostrado que el exceso de lubricante puede reducir drásticamente el coeficiente de fricción.

El lubricante utilizado en el cable tractor no puede afectar negativamente al funcionamiento del freno de carro; así, por ejemplo, no puede contener elementos de lubricación sólidos.

- *Incompatibilidad con los polímeros utilizados*

Si la compatibilidad entre el lubricante y los polímeros y gomas presentes en el cable y en el sistema de la instalación no está garantizada, estos materiales se desgastarán más rápidamente en contacto con el lubricante.

Por ello solo pueden utilizarse lubricantes que hayan superado los ensayos obligatorios de compatibilidad (véase la norma EN 12385, parte 8, anexo A.2.2: «Dilatación del material de revestimiento de las poleas: tras sumergirlo por completo en lubricante para cables durante un periodo de 14 días a una temperatura equivalente a la temperatura más baja por encima 20 °C que permita la inmersión, la modificación del volumen del material de revestimiento no debe superar el 20 %. La reducción de la dureza no debe sobrepasar los 10° (Shore A). El método utilizado debe adecuarse a la norma DIN 5352»).

- *Viscosidad y adherencia y/o sobrante*

Si la viscosidad del lubricante utilizado cambia durante la explotación en condiciones normales (de temperatura y humedad del aire), aparecerán los problemas siguientes:

- la instalación de transporte y los pasajeros se ensuciarán y, además, se producirá un desgaste excesivo del revestimiento de la polea y los rodillos,

- las mordazas de sujeción continuarán enganchadas a los rodillos y podrían romperse.

Por todo ello es necesario prestar atención a los márgenes de temperatura y humedad ambiental del sistema, de modo que se sitúen dentro de los límites que garantizan el correcto funcionamiento del lubricante.

4 OBSERVACIONES FINALES

- La vida útil de un cable se incrementa notablemente si se utiliza un buen lubricante durante la fabricación y la explotación.
- Las presentes recomendaciones contienen información en profundidad y precisiones sobre los procesos habituales (limpieza, lubricación durante la explotación). También señalan los potenciales peligros que implica el mal uso.
- Por último, cabe destacar que siempre que surja alguna duda se debe acudir al fabricante del cable.

5 TERMINOLOGÍA

Lubricación durante la fabricación

Lubricación que se aplica en el cable durante su producción en fábrica.

Lubricación durante la explotación

Lubricación aplicada a los cables durante la explotación de la instalación. Según cuál sea la función del cable, o de la parte lubricada, la lubricación puede ser continua o a intervalos definidos.

Vida útil del cable

Periodo durante el cual el cable cumple las exigencias de las normas vigentes.

Corrosión por fricción

La corrosión por fricción es el deterioro debido al desgaste y, en ocasiones, a la corrosión, existente en el límite de las superficies de contacto de dos superficies metálicas sujetas a presión una contra otra. Este deterioro aparece normalmente en caso de carga elevada y de movimiento superficial relativo repetido producido, por ejemplo, por el movimiento relativo de los hilos y de los cordones del interior del cable tras la flexión.

Fisura por corrosión

Una fisura por corrosión consiste en el crecimiento acelerado de una fisura como consecuencia de procesos químicos.