

Los cordinos de alta resistencia y su aplicación en espeleología

Sergio García-Dils de la Vega

sergio.dils@arrakis.es

[Escuela Española de Espeleología – DIC 2004]

En los últimos años, nuevas fibras de alta resistencia han irrumpido con fuerza en el mundo de la espeleología, completando la gama de materiales de los que disponemos en nuestro deporte. Kevlar®, Dyneema® y otras fibras están ya en boca de todos, aunque pocas veces se tienen claras sus características y cualidades. En las líneas que siguen se presentarán algunas notas sobre las fibras más populares, incidiendo especialmente en su utilización en la fabricación de **cordinos**, y las aplicaciones de éstos.

Algunas notas históricas

A pesar de las innovaciones, no cabe duda de que sigue siendo el **nailon** o *nylon* el pilar básico en la fabricación del equipamiento espeleológico no mecánico. Se trata de una fibra que tiene ya una muy larga trayectoria en el mercado, y cuyas características son conocidas por todos.

Merece la pena recordar que, la que se convertiría en la primera fibra textil sintética verdadera del mundo, fue sintetizada por primera vez en los laboratorios de la firma DuPont en abril de 1930, por el equipo del Dr. Wallace Hume Carothers –que ese mismo mes descubriría también el no menos famoso **neopreno**–, aunque no sería comercializada hasta finales de 1939. No habría que esperar mucho para que la nueva fibra se aplicara al mundo de la espeleología, comenzando así toda una revolución conceptual que desembocaría años después en el nacimiento de la Técnica Solo-Cuerda. En aquellos momentos, se empleaba el cáñamo para la fabricación de cabos, fibra vegetal putrescible que impedía la producción de cuerdas trenzadas con alma, que podían deteriorarse interiormente sin que se pudiera apreciar superficialmente. En 1942, la firma Rhodiaceta encargaría a Pierre Chevalier, ingeniero químico y gran espeleólogo, la puesta a punto de una cuerda fabricada con el novedoso nailon; de este modo, Chevalier diseña la primera cuerda de este material, trenzada sobre un alma de hebras paralelas, que sería comercializada a partir de 1946.

Dando un salto en el tiempo hasta nuestros días, el nailon no ha sido desbancado todavía, y las fibras más utilizadas en la fabricación de cuerdas son la **poliamida** (nailon) y el **poliéster**, prefiriéndose la primera de ellas para la fabricación de las cuerdas semi-estáticas que empleamos habitualmente en nuestro deporte.

Las fibras ultra-resistentes

Fue la industria náutica la pionera en el uso de las nuevas fibras –Kevlar®, Spectra® y Vectran®– para la fabricación de cordinos de alta resistencia, aprovechando sus capacidades mecánicas, muy baja elongación y reducida absorción de humedad.

Una de las primeras fibras de alta resistencia que fue utilizada en la fabricación de cuerdas y cordinos fue una **aramida**, el **Kevlar®**, versión comercial muy evolucionada de un polímero aromático que fuera sintetizado por primera vez en 1964 por Stephanie L. Kwolek, en los laboratorios de DuPont; otra aramida más reciente, el **Twaron®** de Akzo Nobel, ofrece prestaciones similares a las del Kevlar®. En cuanto a su uso en la fabricación de cordinos, hay que señalar que estas fibras ofrecen una gran resistencia con bajísima elongación, aunque adolecen de una mala respuesta a la fatiga, debida en gran medida al rozamiento interfibrilar, que produce un desgaste muy difícilmente apreciable –la causa última, en este caso, es la mayor rigidez de la cadena molecular que componen los capilares que forman los hilos-; actualmente los fabricantes están procurando obviar los problemas causados por la auto-abrasión interna de estas cuerdas, combinando el Kevlar® con la muy deslizante Spectra®. Otras aramidas más modernas han mejorado, por su parte, su comportamiento a la fatiga, como la **Technora®** de Teijin. En el lado positivo, hay que destacar su notabilísima resistencia a las altas temperaturas; las aramidas se descomponen –no funden- a temperaturas que oscilan entre los 400 y los 550°C, aunque se ven superadas en este aspecto por una fibra PBO, el **Zylon®** de Toyobo, que se descompone a 650°C.

Diferentes perspectivas ofrece un **Polietileno de Peso Molecular Ultra-Alto** –un *UHMWPE* ó *Ultra-High Molecular Weight Polyethylene*-, la **Spectra®** –marca registrada de Allied Signal, que desarrolló este material en los años 70 y lo sacó al mercado en 1985-. A pesar de sus buenas propiedades mecánicas y elevada resistencia, presenta algunas dificultades, como su bajo punto de fusión, de tan solo 147°C. Además, el material es increíblemente deslizante, lo que dificulta su uso en la fabricación de cuerdas.

Por su versatilidad e idoneidad para la práctica de la espeleología, nos centraremos en el próximo apartado en otra fibra de *UHMWPE*, la **Dyneema®**, descubierta por la firma holandesa DSM High Performance Fibers en 1985, que comienza su producción industrial en 1990. Su entrada en el mundo espeleológico se produce de la mano de la firma francesa Béal, que comienza fabricando un cordino de 5,5 mm con alma de Dyneema® y funda de nailon –como se estaba haciendo en ese momento con el Kevlar®-, y por encargo de George Marbach inicia en 1992 la producción de un cordino de 5 mm con alma y funda de Dyneema®. En 1993, también Petzl solicita a Béal la fabricación de este tipo de cordino, para incorporarlo a su bloqueador de mano *Pompe*. A partir de finales de ese mismo año, y hasta el momento presente, se reagruparían ambas producciones con una referencia única.

Para terminar, no se puede dejar de mencionar un **polímero de cristal líquido** –o *LCP*, *Liquid crystal polymer*-, el **Vectran®**, marca registrada de Hoechst Celanese, con características mecánicas similares a los anteriores, aunque con una resistencia muy baja a la radiación ultravioleta, que obliga a su uso exclusivamente en el alma del cordino, con funda normalmente de nailon o poliéster.

La Dyneema®

Sin duda, el cordino más recomendable para la práctica espeleológica es el que fabrica Béal en su versión de funda y alma de Dyneema® SK60, de 5 mm de diámetro. Resulta más recomendable esta opción, por encima de la fórmula mixta con alma de Dyneema® y funda de nailon, fundamentalmente porque esta configuración puede ocasionarnos problemas dada la gran diferencia de elasticidad entre ambos -la Dyneema® es cinco veces más estática que el nailon, y más resistente al corte-.

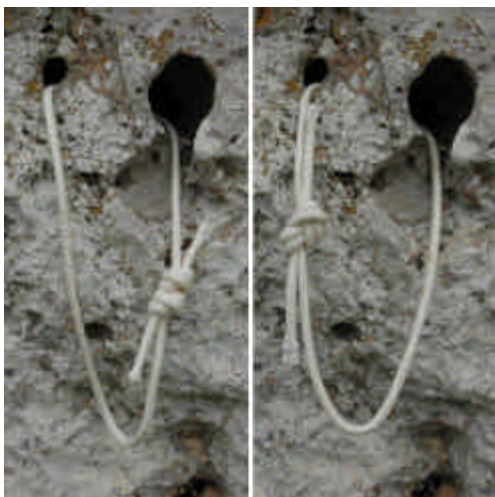
Los puntos fuertes de la Dyneema®, en esta versión de 5 mm de diámetro, son sin duda su bajo peso -14 gr/m-, elevada resistencia -nominalmente, 12 kN en simple y 14 kN en doble-, y buena respuesta a la abrasión.

Sus puntos débiles, que tampoco pueden obviarse, son su bajo punto de fusión -entre 145 y 155°C, ¡atención con la llama de la iluminación de acetileno!-, que además puede situarse como una de las causas de su pésimo comportamiento a la torsión, y que este cordino no responde a ninguna homologación ni norma, sea UIAA o CE -aunque Béal está estudiando la obtención de la norma EN 564-.

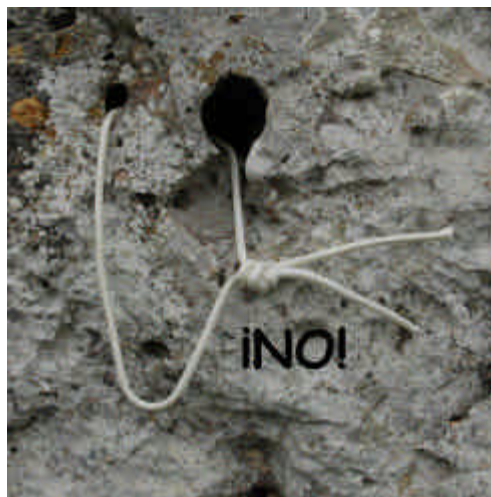
Muy recientemente se ha realizado en Francia una completísima serie de pruebas de resistencia (ARNAUD 2004), cuyos resultados más destacables se repasan a continuación.

Utilizado **en simple**, su mejor respuesta a la tracción lenta la ofrece con nudo de ocho -719 daN-, seguido del nueve -677 daN-, el ballestrinque con bloqueo -654 daN- y el nudo simple -585 daN-. Su mala respuesta ante una fuerza de choque -se ha testado con factor de caída 0,2- aconseja reservar su uso en simple a los desviadores o como pedal.

En cuanto a su utilización **en anillo**, presenta sus mejores resultados con el pescador doble -1282 daN- y el ocho trenzado -1195 daN- [Fig. 1]. Para unir los extremos de la cuerda, se evitará utilizar el nudo simple -recomendado en cambio para las cuerdas de poliamida o poliéster-, dado que, a causa de las especiales características de la Dyneema®, desliza a partir de los 200 daN y se deshace a los 498 daN -a 420 daN con un factor de caída de 0,5 y una carga de 80 Kg- [Fig. 2].



[Fig. 1]



[Fig. 2]

Sorprende su excelente comportamiento cuando se utiliza como **anclaje**, prescindiendo de mosquetón –como en las placas AS-, anudando directamente al cordino una cuerda semi-estática de poliamida –en este caso de 10 mm y con un nudo de ocho-. En las pruebas realizadas, el nudo plano es el que mejor responde -1219 daN-, seguido de cerca por la presilla de alondra -1175 daN- [Fig. 3]. Con cinco caídas sucesivas de factor 1 ó 0,5 sobre la cuerda semi-estática, la unión no sufrió el menor daño.



[Fig. 3]

Uno de los resultados más llamativos de esta serie de pruebas, en el caso de las realizadas con cordinos usados –durante unos cuatro años-, revela la necesidad de deshacer los nudos después de la utilización de la Dyneema®, pues, si se dejan hechos permanentemente, empeora drásticamente su comportamiento ante una fuerza de choque.

Estos datos se pueden completar además –como oportunamente observa nuestro compañero J. J. Castaño- señalando que los polietilenos ultra-resistentes tienen fluencia bajo tensión. Bajo carga constante, incluso con cargas muy inferiores a la de rotura, el cordino construido con este material va fluyendo –estirándose- lenta e irreversiblemente. Por ello no es adecuado realizar instalaciones que reciban esfuerzo de manera constante con este tipo de materiales –como sería el caso de la triangulación de una tirolina-.

A la vista de esta información, y de la experiencia en el uso de este material en los últimos años, se pueden aconsejar las siguientes aplicaciones:

- En simple, como pedal. La Dyneema® nos ofrece la posibilidad de contar con un pedal muy ligero, totalmente estático y de una resistencia elevadísima, lo que además lo hace idóneo para su uso en maniobras de autosocorro. Existe una versión comercial muy recomendable, fabricada por la firma MTDE, que combina un cabo de este material con una cinta cosida para apoyar el pie, de Dyneema® y poliamida. Respecto a las cintas, actualmente es una tendencia consolidada su fabricación combinando estas dos fibras –por ejemplo, en las cintas *express*-, consiguiendo así cintas más ligeras –con menor

sección mantienen las mismas capacidades mecánicas que las de poliamida- y resistentes al roce.

- Como desviador, también en simple.
- En anillo, para anclajes naturales [Fig. 01].
- Con la placa AS –*Amarrage Souple* ó “anclaje flexible”-, que nos permite incluso anclar en techos, con una resistencia de 11 kN tanto a cizalladura como a tracción [Fig. 3]. Fabrica esta placa la firma británica Climbing Technology, sobre un diseño concebido por Georges Marbach (1999) sobre la base del anclaje que ya desarrollara en 1980 a partir de una idea de Jean-Louis Rocourt, que en aquel caso utilizaba cable de acero. Puede verse un estudio muy completo sobre el uso de este anclaje en MARBACH-TOURTE 2003: 256-258.
- Lógicamente, en ningún caso se utilizará un cordino de Dyneema® como medio de progresión, en vez de una cuerda tipo A, B ó L, dado su elevadísimo riesgo de rotura ante una fuerza de choque, aunque sea pequeña, como consecuencia de su elasticidad.

Algo de bibliografía

ARNAUD 2004: Judicaël Arnaud, *La cordelette Dyneema en Spéléologie*, trabajo de investigación inédito.

MARBACH 1999: Georges Marbach, “Poker d’AS!”, *Spéléo* 32.

MARBACH-TOURTE 2003: Georges Marbach – Bernard Tourte 2003, *Técnicas de la espeleología alpina*, Madrid.

MOYER-TUSTING-HARMSTON 2000: Tom Moyer - Paul Tusting – Chris Harmston, “Comparative Testing of High Strength Cord”, *2000 International Technical Rescue Symposium*.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a **Judicaël Arnaud** la autorización para publicar en estas páginas los resultados más relevantes de las pruebas con Dyneema® que recoge en su trabajo de investigación para el curso de Instructores de la **Escuela Francesa de Espeleología**, realizado bajo el patrocinio de ésta –concretamente de su Grupo de Estudios Técnicos-. Para este estudio ha podido disponer de las instalaciones de la **ENSA**, contado además con la participación de **José Mulot**, **Sylvain Borie** y **Nicolas Clement**, el asesoramiento de **Georges Marbach** y material proporcionado por la firma **Béal** -¡500 m de cordino!-.

Asimismo, vaya mi gratitud por su asesoramiento y oportunas sugerencias a **Bernard Tourte**, presidente adjunto de la Federación Francesa de Espeleología y técnico de reconocido prestigio, y a **José Joaquín Castaño**, director técnico de la innovadora firma **Korda’s**, que para este año comenzará su producción de cordinos ultra-resistentes.