TENSIÓN

Las tensiones producidas por una cuerda sobre los extremos a los que está agarrada, al igual que la normal, **sólo pueden ser en un sentido, en la dirección de la cuerda, pero hacia su centro.** Como ya comentamos en la lección primera dedicada a las leyes de Newton, un cable sólo puede trabajar a tracción, siendo las fuerzas exteriores sobre él, en azul, como se indica en la figura

Como lo que nosotros estudiamos son los cuerpos que están agarrados a la cuerda, las fuerzas que esta ejerce a esos cuerpos serán las mismas, pero de sentido contrario, según el principio de acción y reacción. Las llamamos tensiones, ***T***

Al no poder tener el sentido contrario, matemáticamente esa condición la resumimos, al igual que en el caso de la normal, por la inecuación

$$T \geq 0$$

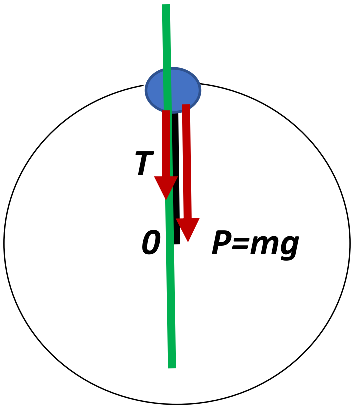
Como hemos visto en la lección anterior dedicada a la normal, estas restricciones nos permiten distinguir situaciones posibles de las que no lo son. Veamos un ejemplo.

Una masa de 10 Kg gira en un plano vertical atada a una cuerda de radio 1 m. Calcular el valor de la tensión en el punto más alto de su trayectoria en los dos casos siguientes y discutir los resultados.

a) la velocidad vale 5 m/s en módulo

b) la velocidad vale 2 m/s en módulo

Se trata claramente de una rotación. Dibujamos la situación junto con las fuerzas que actúan. Respondemos a la primera pregunta, cuando la velocidad es ***5 m/s***



En la figura se ha representado la cuerda "en negro" y las dos fuerzas, el peso y la tensión "en rojo".

En el segundo paso, descomponemos todas las fuerzas sobre el eje centrípeto, en verde. Como vemos, las dos fuerzas ya van sobre ese eje.

En el tercer paso aplicamos la ley a la rotación: **fuerzas hacia el centro menos fuerzas hacia fuera han de ser igual a la masa por la aceleración centrípeta.** Como vemos, las dos fuerzas van hacia el centro, por lo tanto

$$\boldsymbol{T+mg=m\frac{v^2}{R}} \rightarrow T+10g=10\frac{5^2}{1} \rightarrow \boldsymbol{T}=250-100=\boldsymbol{150\ N}$$

Estudiamos ahora el caso en el que la velocidad vale en módulo ***2 m/s.***

El dibujo y todo es exactamente igual. Por ello

$$\boldsymbol{T+mg=m\frac{v^2}{R}} \rightarrow T+10g=10\frac{2^2}{1} \rightarrow \boldsymbol{T}=40-100=\boldsymbol{-60\ N}$$

La explicación matemática es que la tensión debería ir en sentido contrario, cosa que sabemos que no puede ser.

Físicamente lo que ocurre es que la velocidad es muy pequeña y no nos hace falta "mucha" fuerza centrípeta. Pero es que el peso va siempre hacia el centro y tiene un valor fijo. En este caso, **el peso supera a la fuerza centrípeta necesaria para ese giro que necesita tan poca**. Por lo tanto, **la tensión tendría que ir hacia arriba para disminuir la fuerza centrípeta de la que se dispone,** el peso, y hacer que se cumpla la ley. **Como eso no es posible, nos "sobra" fuerza centrípeta y el giro se hace con un radio menor**, lo que gráficamente se traduce en que la masa se va hacia el centro, se "cae".

Al igual que hemos hecho en el ejemplo anterior sobre la normal, después de estas deducciones nos podemos preguntar cual es la velocidad mínima para que este giro se produzca sin que la masa "se caiga" arriba. Para ello, vamos a calcular la tensión en función de la velocidad, e **impondremos la condición de que sea positiva**

$$\boldsymbol{T+mg=m\frac{v^2}{R}} \rightarrow T+10g=10\frac{v^2}{1} \rightarrow \boldsymbol{T=10v^2-10g\geq 0} \rightarrow$$

$$10v^2-10g\geq 0 \rightarrow \boldsymbol{v}\geq\sqrt{g}\approx\boldsymbol{3.16\ ^{m}/_{s}}$$

En el caso general

$$\boldsymbol{T+mg=m\frac{v^2}{R}} \rightarrow T=\boldsymbol{m\frac{v^2}{R}-mg\geq 0} \rightarrow \frac{v^2}{R}\geq g \rightarrow \boldsymbol{v}\geq\sqrt{\boldsymbol{Rg}}$$

Esta última fórmula conviene justificarla si la utilizamos en alguna prueba.