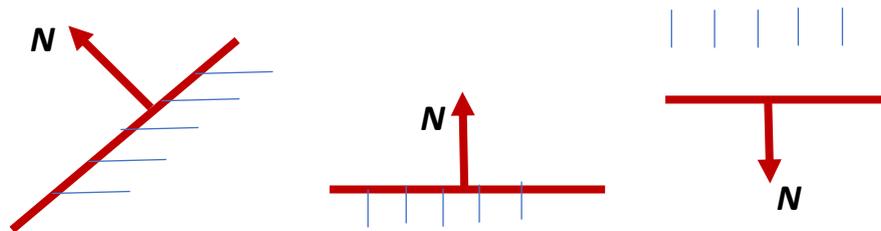


FUERZA NORMAL

La normal, como sabemos, es una de las fuerzas que ejerce la superficie de apoyo sobre los cuerpos “libremente apoyados” sin ninguna sujeción entre ellos, y es perpendicular a dicha superficie. Si esto es así, si no hay sujeciones (el cuerpo no está atornillado ni “pegado” a la superficie de otra manera), el sentido de la fuerza normal tiene que ser hacia “afuera” de la superficie de apoyo y es como la dibujaremos siempre. Cuando levantamos un vaso de la mesa, ésta no nos impide hacerlo, no “tira” de él hacia abajo. Sin embargo, si empujamos el vaso hacia “abajo” la mesa nos lo impide, ejerce sobre él una fuerza hacia “arriba” que impide que penetre en ella.



En estas tres figuras se han dibujado tres superficies donde las rayitas representan la parte “sólida” de esa superficie. La primera podría representar una cuña, la segunda un suelo y la tercera un techo. Por lo tanto, **el sentido de la normal es único sobre la perpendicular a la superficie.**

Una vez dibujada, teniendo en cuenta lo que se ha dicho, nos ha de salir positiva en los cálculos. Si nos saliera negativa significaría que su sentido es el opuesto al dibujado y eso, como hemos dicho, es imposible. Su módulo puede ser tan grande como queramos (por lo menos en nuestros problemas y mientras no se advierta lo contrario). Por lo tanto, la restricción que ha de cumplir es

$$N \geq 0$$

Veamos con un ejemplo qué significa esta restricción y las conclusiones a las que nos puede llevar.

Ejemplo

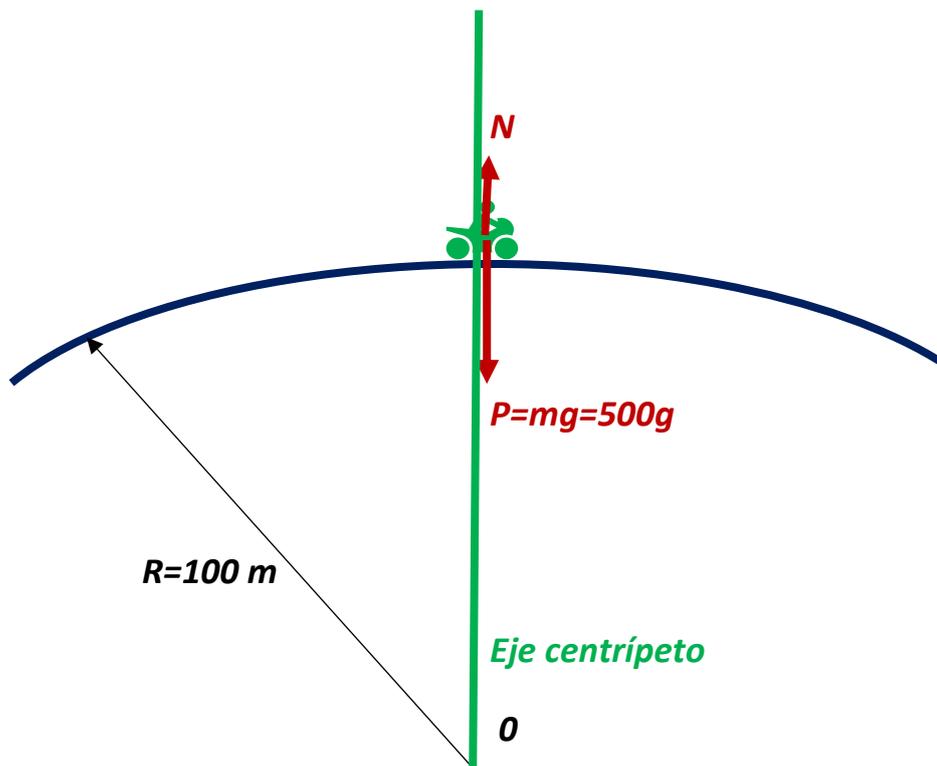
Una moto de 500 Kg incluidos sus dos pasajeros, se mueve sobre una carretera en forma, aproximadamente circular, de radio 100 m, tal como se indica en la figura. El rozamiento es despreciable. Calcular la fuerza normal que la carretera ejerce sobre la moto en los siguientes casos:

Se mueve con velocidad de 20 m/s

Se mueve con velocidad de 40 m/s

Discutir los resultados y justificar que hay una velocidad máxima con la que puede mover sin despegarse del suelo.

Comenzamos con la primera pregunta, donde la velocidad es **20 m/s**



Lo primero, como siempre, tener ya en mente que el movimiento del móvil es una rotación alrededor del punto 0. A partir de ahí, aplicamos las pautas para una rotación. La primera es dibujar el diagrama de fuerzas. El peso, vertical hacia abajo, y las fuerzas que le ejerza la superficie. Como no hay rozamiento, la única fuerza que ejerce la carretera es la normal. Ambas ya se han dibujado en la figura.

El segundo paso es descomponer las fuerzas sobre el eje centrípeto, el que va del móvil al centro. **Como la rotación NO es en un plano horizontal con el eje centrípeto es suficiente**, en nuestros problemas. En la figura se ha dibujado en verde. Vemos que las dos fuerzas ya están descompuestas sobre él. Pasamos, por lo tanto, al tercer paso:

Como sabemos que la aceleración centrípeta es hacia el centro, a las fuerzas que vayan hacia el centro les restamos la fuerza que van hacia fuera. En este caso, diremos peso **menos** normal.

$$\sum F_c = m \frac{v^2}{R} \rightarrow P - N = m \frac{v^2}{R} \rightarrow 550g - N = 500 \frac{20^2}{100} \rightarrow$$
$$N = 500g - 5 \cdot 20^2 \approx \mathbf{3000 N}$$

Ahora vamos a ver cuánto vale la normal cuando la velocidad es 40 m/s. Aplicamos lo mismo que en el apartado anterior:

$$\sum F_c = m \frac{v^2}{R} \rightarrow P - N = m \frac{v^2}{R} \rightarrow 550g - N = 500 \frac{40^2}{100} \rightarrow$$
$$N = 500g - 5 \cdot 40^2 \approx \mathbf{-3000 N}$$

Para esta velocidad, la normal nos sale negativa. Pero ¿qué significa físicamente esto?

La velocidad en este segundo caso vemos que es bastante más grande en módulo que en el primero, el doble. Claramente, **cuanta más velocidad llevamos más fuerza centrípeta necesitamos**. En este caso es el peso la única fuerza que va hacia el centro y no es capaz de “doblar” la

velocidad tan grande y “le hace falta ayuda”. La matemática nos dice que para que eso fuera posible, la normal tendría que ayudar al peso y ser negativa, en sentido contrario al dibujado, para ir entonces a favor del giro hacia el centro de rotación. Pero esto no puede ser. Entonces, **el móvil no dispone de centrípeta suficiente y la velocidad se “dobla” menos de lo que debería** resultando el radio de giro mayor, lo que gráficamente se traduce en que la moto se eleva de la carretera.

De acuerdo con todo lo anterior, creemos que se entiende bien la tercera pregunta, el cálculo de la velocidad máxima a la que se puede tomar el baden sin que la moto se “levante” de la carretera. Aplicamos la misma ley, pero para una velocidad v cualquiera, e imponemos después la condición de que la normal sea positiva.

$$\sum F_c = m \frac{v^2}{R} \rightarrow P - N = m \frac{v^2}{R} \rightarrow 550g - N = 500 \frac{v^2}{100} \rightarrow$$

$$N = 550g - 5v^2 \geq 0 \rightarrow 550g \geq 5v^2 \rightarrow v \leq \sqrt{\frac{550g}{5}} \approx 33.17 \text{ m/s}$$