

## ¿Cuántas copas de licor puede tomar como máximo un conductor sin llegar a ser un peligro para la circulación?

### Interés de la situación problemática

El alcohol no es transformado por los jugos digestivos del estómago como ocurre con los alimentos, sino que pasa a la sangre por la que se difunde a los diferentes órganos y tejidos del cuerpo humano, siendo metabolizado (quemado) en el hígado. El alcohol que se encuentra en los tejidos produce efectos anestésicos en el sistema nervioso central con una intensidad que depende de varios factores (masa corporal, etc.).

En el hígado el alcohol se transforma en dióxido de carbono y agua a una cierta velocidad. Sin embargo cuando la cantidad de alcohol ingerido es superior a las posibilidades metabólicas normales del hígado, este ha de ser destruido por otras vías. Dichas vías son peligrosas porque implican la destrucción de células y que el organismo se habitúe a cantidades mayores de alcohol pudiendo crear dependencia.



La alcoholemia es la cantidad de alcohol que hay en la sangre después de ingerir una bebida alcohólica. Esa cantidad es proporcional a la cantidad de alcohol ingerida y a la graduación alcohólica de la bebida. Como es lógico, varía también dependiendo de otros factores como, por ejemplo, la masa corporal y el tiempo transcurrido desde la última consumición.

### Planteamiento

Como el problema planteado consiste en averiguar el número de copas de licor para que su sangre contenga la máxima concentración de alcohol permitida según la legislación vigente, antes de proceder a su resolución conviene fijar las condiciones y las variables con las que vamos a trabajar.

- Supondremos que cada persona absorbe en sangre por término medio una cierta cantidad en masa de alcohol por cada 100 g de alcohol ingerido. Al tanto por uno de esa cantidad lo llamaremos “**p**”.
- Designaremos como  $V_s$  el volumen medio (en litros) de sangre en el cuerpo humano. Se trata del volumen total una vez absorbido todo el alcohol posible.  $V_s$  varía de unas personas a otras y para una misma persona también puede sufrir oscilaciones dependiendo de diversas circunstancias (posible anemia, grasa corporal, haber o no ingerido comida, etc.). Si la persona es adulta, la variable más influyente en el valor de  $V_s$  es su masa corporal neta,  $m$ , siendo aproximadamente  $V_s \approx 0.071 \cdot m$  (en kg).
- Consideraremos que un conductor es un peligro para la circulación a partir del momento en que rebasa el máximo de concentración de etanol en sangre permitido en las pruebas de alcoholemia, la cual designaremos como “ $C_m$ ”. En España dicho límite es de 0.5 g/l.
- Admitiremos que el volumen de licor contenido en cada copa es constante y lo designaremos como  $V_c$ .
- Finalmente, hemos de tener en cuenta que la graduación de la bebida alcohólica también influirá. Designaremos este factor como “**g**” cuando se exprese en tanto por uno (en volumen). En general una graduación de, por ejemplo, 40° significa que cada 100 cm<sup>3</sup> de licor contienen 40 cm<sup>3</sup> de etanol. En este caso,  $g$  valdría 0’40.

Se trata, por tanto, de encontrar la relación existente entre el número de copas “n” y las variables: porcentaje de alcohol en la sangre cuando se pone a conducir, volumen promedio de sangre existente en el cuerpo de una persona adulta, máxima concentración (en g/l), de etanol permitida legalmente en la sangre, volumen de licor ingerido en cada copa y graduación alcohólica de dicho licor.

### *Hipótesis*

La dependencia del número de copas con las magnitudes intervinientes se puede expresar como:

$$n = f(p, V_s, C_m, V_c, g)$$

A igualdad de los restantes factores, cabe esperar que cuanto mayor sea  $V_s$ , mayor será el número de copas que la persona podrá beber sin llegar a alcanzar la tasa límite. Análogamente, si la tasa legal  $C_m$  fuese mayor, también sería mayor el número de copas posible. Por el contrario ese número bajará cuando aumente la graduación,  $g$ , y/o el porcentaje,  $p$ , del alcohol ingerido que se absorbe en la sangre. Finalmente, como es lógico, si el volumen de las copas utilizadas fuese más pequeño, también aumentaría el número de copas que podría ingerir sin sobrepasar la tasa límite. Esquemáticamente:

$$n = f(p, V_s, C_m, V_c, g)$$

### *Estrategia y resolución*

Para resolver el problema podemos expresar la masa máxima total de etanol en sangre permitida como el producto y tratar de relacionar su expresión con la obtenida a partir del alcohol ingerido con las  $n$  copas de licor.

Para poder calcular el etanol que se ingiere en cada copa es preciso determinar en primer lugar qué volumen de etanol puro hay en cada  $V_c$  litros de licor. Dado que la graduación alcohólica se refiere al porcentaje en volumen, el cálculo que se demanda exige que conozcamos la densidad  $d_e$  del etanol. De esta forma la masa en gramos de etanol en cada copa será:

$$(g \cdot V_c) \cdot d_e.$$

De modo que con  $n$  copas se habrá tomado una masa total de:

$$m = n \cdot g \cdot V_c \cdot d_e$$

De esa masa en gramos de etanol se absorberán en sangre un total de:

$$(p \cdot n \cdot g \cdot V_c \cdot d_e) \text{ gramos de etanol.}$$

Igualando la masa de etanol máxima permitida a la masa de etanol absorbida obtenemos:

$$C_m \cdot V_s = p \cdot n \cdot g \cdot V_c \cdot d_e$$

Despejando el número de copas, obtenemos finalmente:

$$n: n = \frac{C_m \cdot V_s}{p \cdot d_e \cdot g \cdot V_c}$$

### *Análisis del resultado*

El resultado anterior es dimensionalmente homogéneo (en este caso particular no hay dimensiones en ninguno de los miembros de la igualdad). La concentración de alcohol en sangre se expresa en g/l y el volumen total medio de sangre en l (en el que supondremos incluido el etanol presente en la sangre), el porcentaje p es en masa, la densidad del etanol de en g/l, la graduación en porcentaje de etanol en volumen y el volumen de licor en l. Además contempla todas las hipótesis de partida y los casos límite considerados.

Podríamos, para terminar, dar unos valores numéricos lógicos con el fin de establecer de una manera aproximada una solución cuantitativa del problema.

Suponiendo  $V_s = 6$  l,  $C_m = 0.5$  g/l,  $p = 0.20$ ,  $d_e = 790$  g/l,  $g = 0.40$  y  $V_c = 0.05$  l, se puede obtener fácilmente que tomando solo una copa de ese licor ya se rebasaría el máximo permitido y se consideraría un peligro para la carretera.

Para terminar, conviene dar unos valores numéricos lógicos con el fin de establecer de una manera aproximada una solución cuantitativa del problema.

*En general, se suele considerar que el volumen medio de sangre en el cuerpo humano (en litros) es aproximadamente el 7 % de la masa corporal (expresada en kg). Utilizando esta aproximación, expresad el resultado literal anterior en función de la masa corporal "m", en lugar del volumen de sangre  $V_s$ .*

Para cumplimentar lo que se pide basta expresar  $V_s$  como  $V_s = 0.07 \cdot m$  y sustituir, con lo que el resultado literal anterior se transforma en:

$$n = \frac{C_m \cdot 0.07 \cdot m}{p \cdot d_e \cdot g \cdot V_c}$$

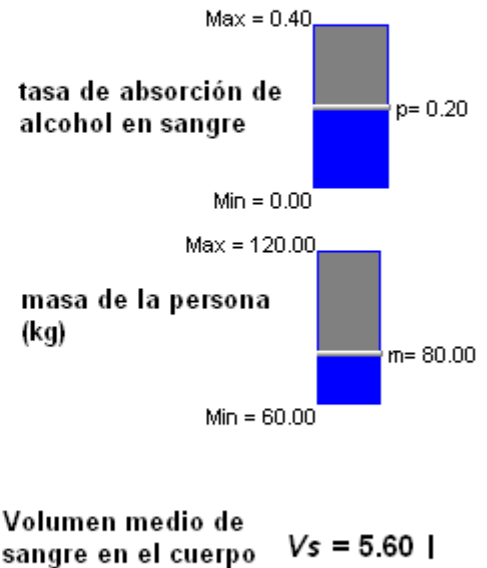
Utilizando los mismos valores que antes y suponiendo una persona de 80 kg, obtenemos:  $n = 0.89$  copas, es decir, tomando solo una copa estaría rebasando la tasa legal permitida.

### **Refuerzo:**

Para reforzar los conceptos involucrados en este problema, se puede usar una animación *Modellus* que hemos elaborado sobre él. Simula un llenado progresivo de las copas de licor que una persona podrá ingerir hasta que alcanzar el legal, por encima del cual vulneraría la ley si condujera. Entrando en la ventana de las condiciones iniciales, se pueden modificar todos los parámetros y en la pantalla se dispone de tres controladores manuales para poder modificar ahí mismo los valores de la masa de la persona (cuyo valor, a su vez, determina el del volumen medio de sangre en su cuerpo), de su tasa de absorción de alcohol en la sangre y del grado de la bebida alcohólica.

La imagen siguiente muestra el resultado obtenido cuando los datos coinciden con los que hemos usado en esta resolución.

## ¿Cuántas copas de licor puede tomar como máximo un conductor?



La animación y el programa para hacerla correr están disponibles en la página “Web de Materiales para la Enseñanza y la Divulgación de la Física”, de la Sección Local de Alicante de la RSEF

<http://rsefalicante.umh.es/fisica.htm>