

Ejercicios Resueltos Tecnología 4 de ESO 2026 / 2027

36 ejercicios con la solución explicada paso a paso, y la teoría de los 13 temas que trae esta selección.

Lo que vas a practicar

El transistor como interruptor · Corriente de base, ganancia, saturación y la resistencia que las decide (ejercicios 1, 2, 3)

El transistor como amplificador: la ganancia · Cociente de corrientes en microamperios, corriente de emisor y dos etapas encadenadas (ejercicios 4, 5, 6)

El condensador: carga y energía guardada · Carga en milículombios, energía, y capacidades en serie y en paralelo (ejercicios 7, 8, 9)

La constante de tiempo: temporizar con una resistencia · Producto de resistencia por capacidad, despeje de la resistencia y tiempos de carga (ejercicios 10, 11, 12)

Del decimal al binario y vuelta · Escribir un número con pesos, leerlo de vuelta y decidir cuántos bits hacen falta (ejercicios 13, 14, 15)

Las puertas lógicas y sus tablas de verdad · Recorrer las combinaciones una a una y contar en cuántas la salida vale 1 (ejercicios 16, 17, 18)

El álgebra de Boole: propiedades y simplificación · Aplicar absorción y De Morgan, y contar las puertas que se ahorran (ejercicios 19, 20, 21)

De la frase al circuito: diseñar un automatismo · Traducir una condición a expresión lógica y contar en qué combinaciones se cumple (ejercicios 22, 23, 24)

El esquema de un circuito neumático y sus símbolos · el compresor, la unidad de mantenimiento, las válvulas y los cilindros (solo teoría)

La neumática: presión, fuerza y carrera de un cilindro · Pasar de bares a pascales y calcular fuerzas de avance y de retroceso (ejercicios 25, 26, 27)

El caudal y el consumo de aire de una instalación · Volumen por carrera, caudal, velocidad del vástago y aire medido a presión atmosférica (ejercicios 28, 29, 30)

La hidráulica: el principio de Pascal y la prensa · La misma presión en dos secciones, la multiplicación de fuerza y el trabajo que se conserva (ejercicios 31, 32, 33)

El transporte y la energía: el consumo por viajero · Litros cada cien kilómetros, consumo por viajero y lo que ahorra compartir (ejercicios 34, 35, 36)

Material propio de solucionario.es. Los enunciados y las soluciones están escritos por nosotros. La versión al día, con más ejercicios y de todos los cursos, está siempre en:

solucionario.es

Qué entra en esta selección y qué no. ▲ Primero, una confusión que conviene deshacer: en la ESO hay **dos materias distintas**. De 1º a 3º la materia se llama **Tecnología y Digitalización**; la de 4º se llama **Tecnología** a secas, es **optativa** y tiene otros bloques de saberes en el Real Decreto 217/2022. Esta página es la de 4º. Sus saberes van en cuatro bloques: proceso de resolución de problemas, **operadores tecnológicos**, pensamiento computacional con automatización y robótica, y **tecnología sostenible**. Aquí entran **el bloque de operadores tecnológicos entero** —el **transistor** como interruptor y como amplificador, el **condensador** y la constante de tiempo, el **sistema binario**, las **puertas lógicas** con sus tablas de verdad, el **álgebra de Boole**, el diseño de un automatismo, y la **neumática** con la presión, la fuerza y el consumo de aire— y la parte de la **tecnología sostenible** que trata del **ahorro de energía** en un edificio y en el transporte. Se añade un tema de **hidráulica**, con el principio de Pascal, que en rigor no está en el currículo de la etapa: entra porque explica la fuerza de un cilindro y porque esta web lo venía prometiendo. **Uno de los trece temas viene con su teoría explicada y sin ejercicios**, porque para practicarlo hay que trazar un dibujo, y aquí no cabe ninguno: es **El esquema de un circuito neumático y sus símbolos**. Entra explicado, y la práctica se hace a mano en el cuaderno. **Quedan fuera**, porque los tienen las páginas de 1º, 2º y 3º de la otra materia, el proceso tecnológico y el proyecto, los materiales y sus propiedades, las estructuras y los esfuerzos, la escala y las vistas, la ley de Ohm y los circuitos en serie y en paralelo —que aquí se dan por sabidos y solo se usan como herramienta—, las palancas y los engranajes, el diodo y el LED con el código de colores, el diseño asistido por ordenador y la impresión en tres dimensiones, los sistemas de control con sus sensores, la robótica, la programación y las redes. ▲ Y una advertencia sobre la propia web: el listado anterior de esta página anunciaba ejercicios de **tablas de contingencia**, que son de Matemáticas y no de esta materia. **Las operaciones lógicas se escriben aquí con palabras** —Y, O, NO y O EXCLUSIVA— en vez de con signos, para que se lean igual en pantalla y en papel. **Todas las cifras de los ejercicios son inventadas** —ganancias, presiones, consumos y precios— y se dice dentro de cada enunciado, para que la página no envejezca. Esto sirve para ver por dónde flojea el curso con lápiz, papel y calculadora; no sustituye al libro, ni al taller, ni a las clases.

El transistor como interruptor

Lo que hay que saber

El **transistor** bipolar tiene tres patillas: **base**, **colector** y **emisor**. Por la base entra una corriente pequeña y por el colector pasa otra mucho mayor.

La idea que lo resume: **una corriente pequeña gobierna una grande**. Por eso una salida de un controlador, que da poca corriente, puede encender una lámpara o un relé que necesita mucha.

La **ganancia de corriente** es el cociente entre la corriente de colector y la de base. Es un número sin unidad y cada modelo tiene la suya, y por eso aquí va dada dentro del enunciado.

Cuando la base recibe corriente de sobra, el transistor entra en **saturación** y se comporta como un **interruptor cerrado**. Sin corriente de base se comporta como uno abierto.

Entre base y emisor queda una **caída de tensión** pequeña mientras conduce. Esa caída se resta de la tensión de mando, y el resto queda para la **resistencia de base**.

▲ La resistencia de base decide cuánta corriente entra por la base. Puesta muy grande, el transistor no llega a saturar y la lámpara luce a medias en vez de encenderse del todo.

- 1** Un transistor tiene una ganancia de corriente de 100, dato de este ejercicio. Se quiere que por el colector pasen 200 mA para encender una lámpara. La salida que lo manda da 5 V y entre base y emisor quedan 0,7 V mientras conduce, también dato. Calcula la corriente de base necesaria y el valor de la resistencia de base.

Solución

Corriente de base: se divide la de colector entre la ganancia. $I_b = (200 \text{ mA}) \div 100 = \mathbf{2 \text{ mA}}$, es decir 0,002 A. La ganancia es un número sin unidad, de manera que el resultado sigue siendo una corriente.

La resistencia de base no se queda con los 5 V enteros: entre base y emisor quedan 0,7 V. Lo que le toca es $5 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = \mathbf{4,3 \text{ V}}$.

Con esa tensión y esa corriente sale su valor: $R = (4,3 \text{ V}) \div (0,002 \text{ A}) = \mathbf{2.150 \Omega}$. Voltio entre amperio da ohmio.

Comprobación: se deshace la división y se cierra el reparto. $(0,002 \text{ A}) \times (2.150 \Omega) = 4,3 \text{ V}$, y $4,3 \text{ V} + 0,7 \text{ V} = 5 \text{ V}$, la tensión que da la salida de mando.

Segunda comprobación, por el otro extremo: $(200 \text{ mA}) \div (2 \text{ mA}) = 100$, la ganancia de partida.

- 2** Un transistor con una ganancia de 250, dato de este ejercicio, recibe por la base 0,4 mA. En el colector lleva un relé que trabaja a 12 V. Calcula la corriente que pasa por el relé y la potencia que consume.

Solución

Corriente de colector: se multiplica la de base por la ganancia. $I_c = (0,4 \text{ mA}) \times 250 = \mathbf{100 \text{ mA}}$, es decir 0,1 A.

Potencia del relé: $P = V \times I = (12 \text{ V}) \times (0,1 \text{ A}) = \mathbf{1,2 \text{ W}}$. Voltio por amperio da vatio.

Comprobación de la primera cuenta por el camino inverso: $(0,1 \text{ A}) \div (0,0004 \text{ A}) = 250$, que es la ganancia dada.

Una pista que avisa sobre la segunda: si la potencia saliera en el orden de los kilovatios, la corriente estaría en amperios y no en miliamperios. Un relé pequeño se mueve en fracciones de vatio o en vatios sueltos.

▲ Esa pista mira el tamaño del resultado, no su valor exacto. Sirve para detectar un factor mil de más, que es el error que deja la confusión entre miliamperios y amperios, y no sirve para detectar un error pequeño.

3

Un montaje lleva una resistencia de base de $4.300\ \Omega$, una salida de mando de 5 V y una caída de 0,7 V entre base y emisor, datos de este ejercicio. El transistor tiene una ganancia de 100. Calcula hasta cuánta corriente de colector puede gobernar así, y qué resistencia de base haría falta para una lámpara que pide 215 mA.

Solución

Tensión en la resistencia de base: $5\text{ V} - 0,7\text{ V} = 4,3\text{ V}$. Corriente de base: $I_b = (4,3\text{ V}) \div (4.300\ \Omega) = 0,001\text{ A} = \mathbf{1\text{ mA}}$.

Con una ganancia de 100, esa base gobierna como mucho $I_c = (1\text{ mA}) \times 100 = \mathbf{100\text{ mA}}$.

La lámpara pide 215 mA, o sea más del doble: con esta resistencia **el transistor no llega a saturar** y la lámpara luciría a medias.

Corriente de base que hace falta: $I_b = (215\text{ mA}) \div 100 = 2,15\text{ mA}$, es decir 0,00215 A.

Resistencia de base nueva: $R = (4,3\text{ V}) \div (0,00215\text{ A}) = \mathbf{2.000\ \Omega}$. Comprobación deshaciéndola: $(0,00215\text{ A}) \times (2.000\ \Omega) = 4,3\text{ V}$.

▲ El síntoma de este fallo engaña: la lámpara luce, así que el montaje parece funcionar. Lo que delata la falta de corriente de base es que luce menos de lo que debería y el transistor se calienta.

El transistor como amplificador: la ganancia

Lo que hay que saber

El mismo transistor, en vez de trabajar como interruptor, puede trabajar **a medio camino**. Entonces la corriente de colector sigue a la de base en vez de estar a tope o a cero.

La **ganancia** es otra vez el cociente entre las dos corrientes. Lo que cambia es el uso: aquí interesa que el cociente se mantenga, no llegar a saturación.

Las corrientes de base de un amplificador son diminutas y se manejan en **microamperios**. Un microamperio es la millonésima parte de un amperio.

La **corriente de emisor** es la suma de la de base y la de colector, porque todo lo que entra por las otras dos patillas sale por ella.

Dos transistores encadenados multiplican sus ganancias: la salida del primero es la entrada del segundo. Así se consiguen ganancias muy grandes con corrientes de entrada ridículas.

▲ La ganancia que trae la hoja de características es orientativa y varía de una unidad a otra del mismo modelo. Por eso un montaje que dependa del valor exacto es un montaje frágil.

4

Por la base de un transistor entran $20\ \mu\text{A}$ y por el colector salen 3 mA. Calcula su ganancia de corriente y la corriente de emisor, en miliamperios.

Solución

Conviene expresar las dos corrientes con el mismo múltiplo antes de dividir las. $20\ \mu\text{A}$ son 0,02 mA, porque un microamperio es la milésima parte de un miliamperio.

Ganancia: $(3\text{ mA}) \div (0,02\text{ mA}) = \mathbf{150}$. Al dividir dos corrientes se cancelan las unidades, y la ganancia queda como un número suelto.

Corriente de emisor: es la suma de las otras dos. $I_e = 0,02\text{ mA} + 3\text{ mA} = \mathbf{3,02\text{ mA}}$.

Comprobación de la ganancia por el camino contrario: $150 \times (0,02\text{ mA}) = 3\text{ mA}$, la corriente de colector de partida.

▲ La suma del emisor solo se puede hacer con las dos corrientes en la misma unidad. Sumar 20 y 3 sin convertir daría 23 de una unidad que no existe.

5

Un transistor de ganancia 200, dato de este ejercicio, trabaja con una corriente de base de 25 μA . Calcula la corriente de colector en miliamperios, la de emisor, y cuántas veces mayor es la de emisor que la de base.

Solución

Corriente de colector: 25 μA son 0,025 mA. $I_c = (0,025 \text{ mA}) \times 200 = \mathbf{5 \text{ mA}}$.

Corriente de emisor: $I_e = 0,025 \text{ mA} + 5 \text{ mA} = \mathbf{5,025 \text{ mA}}$.

Cuántas veces: $(5,025 \text{ mA}) \div (0,025 \text{ mA}) = \mathbf{201}$.

Comprobación con un razonamiento que no vuelve a dividir: el emisor lleva la base más el colector, y el colector es 200 veces la base, así que el emisor tiene que ser $200 + 1 = 201$ veces la base. Sale el mismo número.

Esa comprobación es independiente de los valores concretos: con cualquier ganancia, la razón entre emisor y base es la ganancia más uno.

6

Dos transistores van encadenados: la corriente de colector del primero es la corriente de base del segundo. El primero tiene una ganancia de 50 y el segundo de 60, datos de este ejercicio. Por la base del primero entran 10 μA . Calcula la corriente de colector del segundo y la ganancia del conjunto.

Solución

Colector del primero: $(10 \mu\text{A}) \times 50 = \mathbf{500 \mu\text{A}}$, que es medio miliamperio.

Esa corriente es la base del segundo. Colector del segundo: $(500 \mu\text{A}) \times 60 = 30.000 \mu\text{A} = \mathbf{30 \text{ mA}}$.

Ganancia del conjunto: se multiplican las dos, porque la segunda amplifica lo que la primera ya amplificó. $50 \times 60 = \mathbf{3.000}$.

Comprobación sin usar el resultado intermedio, que es una ruta independiente: $3.000 \times (10 \mu\text{A}) = 30.000 \mu\text{A} = 30 \text{ mA}$. Coincide con la corriente calculada arriba.

▲ Las ganancias se multiplican, no se suman. Sumarlas daría 110 y una corriente final de 1,1 mA, un resultado perfectamente creíble. Por eso esta equivocación no salta a la vista en la cifra final.

El condensador: carga y energía guardada

Lo que hay que saber

Un **condensador** guarda carga eléctrica entre dos placas separadas. No deja pasar corriente de un lado a otro: la acumula y la devuelve.

La **capacidad** dice cuánta carga guarda por cada voltio. Se mide en **faradios**, y un faradio es un culombio por voltio. Los condensadores corrientes se miden en **microfaradios**.

De ahí sale la cuenta de cada día: la **carga** es la capacidad por la tensión. Y de la misma relación se despeja la capacidad cuando lo que se conoce es la carga.

En **paralelo** las capacidades se suman, porque es como ensanchar las placas. En **serie** se suman las inversas, y el conjunto sale menor que el menor de los dos.

La **energía** guardada es la mitad del producto de la capacidad por el cuadrado de la tensión. Que la tensión esté al cuadrado tiene una consecuencia práctica: doblarla multiplica la energía por cuatro.

▲ Un condensador grande cargado guarda energía después de apagar el circuito. Antes de tocar un montaje conviene descargarlo, y no fiarse de que el interruptor esté abierto.

7

Un condensador de 470 μF se carga a 12 V. Calcula la carga que guarda, en milículombios, y la energía guardada, en milijulios.

Solución

Carga: es la capacidad por la tensión. $Q = (0,000470 \text{ F}) \times (12 \text{ V}) = 0,00564 \text{ C} = \mathbf{5,64 \text{ mC}}$. Faradio por voltio da culombio, porque el faradio es un culombio por voltio.

Energía: es la mitad del producto de la capacidad por el cuadrado de la tensión. $E = (0,5) \times (0,000470 \text{ F}) \times (144 \text{ V}^2) = 0,03384 \text{ J} = \mathbf{33,84 \text{ mJ}}$.

Comprobación de la energía por una fórmula que no repite el cuadrado: también vale la mitad de la carga por la tensión. $(0,5) \times (0,00564 \text{ C}) \times (12 \text{ V}) = 0,03384 \text{ J}$. Coincide.

Esa comprobación usa la carga calculada antes, así que lo que demuestra es que las dos cuentas encajan entre sí, no que el dato de partida sea correcto.

▲ La tensión entra al cuadrado en la energía y sin cuadrado en la carga. Por eso doblar la tensión dobla la carga y multiplica por cuatro la energía.

8

Un montaje lleva dos condensadores, uno de 100 μF y otro de 400 μF . Calcula la capacidad del conjunto si se conectan en paralelo y si se conectan en serie.

Solución

En paralelo las capacidades se suman: $100 \mu\text{F} + 400 \mu\text{F} = \mathbf{500 \mu\text{F}}$.

En serie se suman las inversas: $1 \div 100 + 1 \div 400 = 0,01 + 0,0025 = 0,0125$, todo en unidades de uno entre microfaradio.

La capacidad es la inversa de esa suma: $1 \div 0,0125 = \mathbf{80 \mu\text{F}}$.

Comprobación del tamaño, que es la que delata un montaje invertido: en serie el conjunto queda por debajo del menor de los dos, y 80 μF es menor que 100 μF . En paralelo queda por encima del mayor, y 500 μF es mayor que 400 μF .

▲ Esa comprobación detecta haber intercambiado las dos reglas, que es el error cómodo aquí. No detecta una división mal hecha que siga dando un número por debajo de 100 μF .

9

Un condensador conectado a 9 V guarda una carga de 1,8 mC. Calcula su capacidad en microfaradios, la carga que guardaría a 15 V, y cuántas veces mayor sería su energía a 15 V que a 9 V.

Solución

Capacidad: se despeja de la relación entre carga y tensión. $C = (0,0018 \text{ C}) \div (9 \text{ V}) = 0,0002 \text{ F} = \mathbf{200 \mu\text{F}}$.

Carga a 15 V: $Q = (0,0002 \text{ F}) \times (15 \text{ V}) = 0,003 \text{ C} = \mathbf{3 \text{ mC}}$.

Energía a 9 V: $(0,5) \times (0,0002 \text{ F}) \times (81 \text{ V}^2) = \mathbf{0,0081 \text{ J}}$. Energía a 15 V: $(0,5) \times (0,0002 \text{ F}) \times (225 \text{ V}^2) = \mathbf{0,0225 \text{ J}}$.

Cuántas veces: $(0,0225 \text{ J}) \div (0,0081 \text{ J}) = 25 \div 9$, es decir **25 novenos**.

Comprobación sin emplear ninguna de las dos energías calculadas: como la energía depende del cuadrado de la tensión, la razón tiene que valer $(15 \div 9)$ elevado al cuadrado, que es $225 \div 81 = 25 \div 9$. Sale lo mismo.

La constante de tiempo: temporizar con una resistencia

Lo que hay que saber

Si un condensador se carga a través de una **resistencia**, no se carga de golpe: tarda. Y ese retraso se puede calcular, que es lo que convierte al conjunto en un temporizador.

La **constante de tiempo** es el producto de la resistencia por la capacidad. Sale en segundos, y eso se puede comprobar por unidades: ohmio por faradio da segundo.

En un tiempo igual a la constante, la tensión del condensador ha subido hasta algo más de seis décimas de la que alcanzará al final. El porcentaje redondeado se da como dato en cada ejercicio.

Como criterio práctico se considera la carga terminada al cabo de **cinco constantes**. No es que la carga acabe ahí: es que lo que falta ya no se nota en un montaje corriente.

Para alargar un temporizador hay dos caminos, y los dos multiplican igual: subir la resistencia o subir la capacidad. Cuál conviene depende de lo que haya en el cajón.

▲ Conviene fijarse en las unidades antes de multiplicar. Con la resistencia en kiloohmios y la capacidad en microfaradios, el producto sale en milisegundos, no en segundos.

- 10** Un temporizador lleva una resistencia de 100 k Ω y un condensador de 220 μ F. Calcula su constante de tiempo y cuánto tarda en darse la carga por terminada, tomando como criterio cinco constantes.

Solución

Las dos magnitudes en unidades base: 100 k Ω son 100.000 Ω y 220 μ F son 0,000220 F.

Constante de tiempo: $\tau = (100.000 \Omega) \times (0,000220 \text{ F}) = \mathbf{22 \text{ s}}$.

Comprobación por unidades, que es la que dice si la cuenta tiene sentido: ohmio por faradio da segundo, porque el ohmio es voltio entre amperio y el faradio es amperio por segundo entre voltio. Al multiplicarlos quedan segundos.

Carga terminada: $5 \times (22 \text{ s}) = \mathbf{110 \text{ s}}$, es decir un minuto y cincuenta segundos.

▲ Pasar los 110 s a «un minuto y cincuenta segundos» es restar 60, no dividir entre 60. Dividir daría los minutos con decimales: también es correcto, y no responde a lo que pide el enunciado.

- 11** Se quiere un temporizador con una constante de tiempo de 4,7 s y solo hay condensadores de 47 μ F. Calcula la resistencia que hay que poner, en kiloohmios.

Solución

De la constante se despeja la resistencia: $R = \tau \div C$.

Con las unidades base: $R = (4,7 \text{ s}) \div (0,000047 \text{ F}) = \mathbf{100.000 \Omega}$, es decir **100 k Ω** .

Comprobación deshaciendo la cuenta: $(100.000 \Omega) \times (0,000047 \text{ F}) = 4,7 \text{ s}$, la constante pedida.

Una pista que avisa sobre el orden de magnitud: con microfaradios y constantes de segundos, la resistencia sale en decenas o centenas de kiloohmios. Un resultado en ohmios sueltos indicaría un factor mil perdido.

▲ Esa pista sirve para este rango de valores y fuera de él deja de valer: con condensadores de milifaradios la resistencia sí saldría en ohmios sueltos.

12

Un circuito temporizador tiene una resistencia de 50 k Ω y un condensador de 50 μ F, y se alimenta con 12 V. Calcula la constante de tiempo. Después, tomando como dato que al cabo de una constante la tensión llega al 63 % de la final, calcula cuánto vale en ese instante y cuánto le falta. Y di cuándo se da la carga por terminada con el criterio de las cinco constantes.

Solución

Constante de tiempo: $\tau = (50.000 \Omega) \times (0,000050 \text{ F}) = 2,5 \text{ s}$.

Tensión al cabo de una constante: $(12 \text{ V}) \times 0,63 = 7,56 \text{ V}$.

Lo que le falta: $12 \text{ V} - 7,56 \text{ V} = 4,44 \text{ V}$.

Carga terminada: $5 \times (2,5 \text{ s}) = 12,5 \text{ s}$.

Comprobación de lo que falta por un camino que no resta: lo que queda es el 100 % menos el 63 %, o sea el 37 %, y $(12 \text{ V}) \times 0,37 = 4,44 \text{ V}$. Coincide con la resta. Sumar 7,56 y 4,44 y ver que dan 12 no comprobaría nada: el 4,44 se obtuvo restando de 12, así que la suma sale bien aunque el 7,56 esté mal.

▲ El 63 % es un valor redondeado que se usa como referencia, y por eso el enunciado lo da como dato. La carga no sigue una recta: en la segunda constante no sube otro 63 % de los 12 V, sino el 63 % de lo que quedaba.

Del decimal al binario y vuelta

Lo que hay que saber

En **binario** solo hay dos cifras, 0 y 1, y cada posición vale el doble que la de su derecha. Los pesos van doblándose: 1 y 2, luego 4 y 8, después 16 y 32, y por último 64 y 128.

Para pasar de decimal a binario se busca el peso mayor que quepa, se resta, y se repite con lo que queda. Donde se usa un peso se escribe un 1 y donde no, un 0.

Para volver a decimal se hace lo contrario: se suman los pesos de las posiciones que llevan 1. Es una suma corriente y se puede hacer de memoria.

Con **n** bits se escriben **2 elevado a n** valores distintos, contando el cero. Ocho bits, por ejemplo, dan un rango que cabe en un byte.

Por eso, cuando hace falta guardar cierta cantidad de valores, se busca la menor potencia de dos que alcance esa cantidad. Lo normal es que sobre sitio, y saber cuánto sobra es parte de la cuenta.

▲ El bit de más a la izquierda es el de mayor peso, y un cero delante no cambia el valor. Al contar bits hay que decidir antes cuántas posiciones se escriben.

13

Escribe el número 45 en binario, con los bits que hagan falta y sin ceros delante. Explica qué pesos has usado.

Solución

Se empieza por el peso más alto y se va bajando: 128, después 64, y luego 32. El mayor que cabe en 45 es **32**, porque 64 ya se pasa.

Se resta: $45 - 32 = 13$. El mayor que cabe en 13 es 8, y queda $13 - 8 = 5$. En 5 cabe el 4, y queda 1. Y en 1 cabe el 1, y queda 0.

Los pesos usados son 32, 8, 4 y 1. Los no usados son 16 y 2.

Escribiendo un 1 donde se usa el peso y un 0 donde no, de 32 hacia abajo: **101101**.

Comprobación por el camino contrario, que no repite ninguna resta: $32 + 8 + 4 + 1 = 45$, el número de partida.

14

Un sensor envía el valor 10110100 en binario, con ocho bits. Calcula a qué número decimal corresponde.

Solución

Con ocho bits el peso de la izquierda vale 128, y cada posición siguiente vale la mitad de la anterior hasta llegar al 1 de la derecha.

Se emparejan los bits con sus pesos: el 1 de la izquierda vale 128; el 0 siguiente, nada; el 1 vale 32; el 1 vale 16; el 0, nada; el 1 vale 4; y los dos últimos ceros, nada.

Suma de los pesos con un 1 delante: $128 + 32 + 16 + 4 = 180$.

Comprobación de tamaño, que descarta de golpe los errores gordos: el bit de mayor peso vale 1, así que el resultado queda entre 128 y 255. Y 180 cae dentro.

▲ Esa comprobación descarta un resultado disparatado, y no distingue 180 de 176. Para eso hay que repasar los pesos uno a uno.

15

Un panel tiene que guardar 200 valores distintos de temperatura. Calcula cuántos bits hacen falta, cuántas combinaciones sobran y qué tanto por ciento del total representan esas sobras.

Solución

Con n bits se escriben 2^n valores. Hay que buscar la menor potencia de dos que alcance los 200.

Con 7 bits: $2^7 = 128$, que se queda corto. Con 8 bits: $2^8 = 256$, que llega. Hacen falta **8 bits**.

Combinaciones que sobran: $256 - 200 = 56$.

Tanto por ciento: $(56) \div (256) = 0,21875$, es decir un **21,875 %** del total.

Comprobación por el otro lado del reparto: $200 \div 256 = 0,78125$, y $78,125 + 21,875 = 100$. Las dos partes suman el total.

▲ Sobrar no es un defecto del diseño: los bits se compran de ocho en ocho y no hay medio bit. Lo que sí conviene mirar es si con 7 bits, agrupando valores, el panel seguiría sirviendo.

Las puertas lógicas y sus tablas de verdad

Lo que hay que saber

Una **puerta lógica** es un circuito con entradas que valen 0 o 1 y una salida que también vale 0 o 1. El 1 suele ser «hay tensión» y el 0, «no la hay».

La puerta **Y** da 1 cuando todas sus entradas valen 1, y 0 en cuanto una falla. La puerta **O** da 0 cuando todas valen 0, y 1 en cuanto una se activa.

La puerta **NO** tiene una sola entrada y le da la vuelta. La **O EXCLUSIVA** tiene dos y da 1 cuando las dos entradas son distintas.

La **tabla de verdad** es la lista de todas las combinaciones de entrada con la salida de cada una. Aquí se escribe con palabras y cifras, combinación a combinación.

Las combinaciones se ordenan contando en binario, y por eso son **2^n** para n entradas. Ese recuento se hace antes que nada, para no dejarse ninguna combinación.

▲ Aquí las operaciones se escriben con palabras: Y, O, NO y O EXCLUSIVA. Los signos que se ven en los libros no se usan en esta página, para que se lean igual en pantalla y en papel.

16

Hay dos entradas, A y B. Escribe la salida de una puerta Y y la de una puerta O para las cuatro combinaciones. Después calcula en cuántas de esas combinaciones los dos montajes dan salidas distintas.

Solución

Las cuatro combinaciones, contando en binario: A = 0 y B = 0; A = 0 y B = 1; A = 1 y B = 0; A = 1 y B = 1.

Puerta Y, que da 1 solo si las dos entradas valen 1. Con 0 y 0 da 0; con 0 y 1 da 0; con 1 y 0 da 0; con 1 y 1 da 1. Vale 1 en **una** de las cuatro.

Puerta O, que da 0 solo si las dos entradas valen 0. Con 0 y 0 da 0; con 0 y 1 da 1; con 1 y 0 da 1; con 1 y 1 da 1. Vale 1 en **tres** de las cuatro.

Comparación fila a fila: con 0 y 0 las dos salidas valen 0; con 0 y 1 la Y da 0 y la O da 1; con 1 y 0 la Y da 0 y la O da 1; con 1 y 1 las dos valen 1. Los dos montajes discrepan en **2** de las cuatro.

Comprobación por un camino que no repasa las salidas una a una: los dos montajes coinciden cuando las entradas son iguales, y eso pasa en 2 filas; discrepan cuando son distintas, y eso pasa en las otras 2. Y $2 + 2 = 4$.

▲ Ese recuento comprueba que no se ha perdido ninguna combinación, y no comprueba que cada salida esté bien puesta. Las dos cosas hay que mirarlas por separado.

17

Hay tres entradas: A, B y C. Calcula cuántas combinaciones hay en total, en cuántas de ellas vale 1 la salida de una puerta Y y en cuántas la de una puerta O, las dos de tres entradas. Calcula después esas mismas dos cantidades para puertas de cuatro entradas.

Solución

Número de combinaciones: con 3 entradas son $2^3 = 8$.

Puerta Y de tres entradas: da 1 solo cuando las tres valen 1, y esa es una sola combinación. Vale 1 en **1** de las 8.

Puerta O de tres entradas: da 0 solo cuando las tres valen 0, y esa también es una sola combinación. Así que vale 1 en $8 - 1 = 7$ de las 8.

Con cuatro entradas las filas pasan a ser $2^4 = 16$. La Y sigue valiendo 1 en una sola, la de las cuatro entradas a 1, o sea **1 de las 16**; y la O sigue valiendo 0 en una sola, así que vale 1 en $16 - 1 = 15$ de las 16.

Comprobación por una propiedad que no depende de estos números: con cualquier número de entradas, la Y vale 1 en una sola fila y la O vale 0 en una sola, de modo que sus recuentos de unos suman el total. Con tres entradas, $1 + 7 = 8$; con cuatro, $1 + 15 = 16$.

▲ Contar las filas donde la salida vale 0 suele ser más rápido que contar las de 1, cuando las de 0 son pocas. El total de filas es el que cierra el recuento.

18

Calcula en cuántas de sus cuatro combinaciones vale 1 una puerta O EXCLUSIVA de dos entradas y qué tanto por ciento es, y en cuántas de esas mismas combinaciones discrepa de una puerta O corriente. Calcula después cuántas filas tendría una tabla de cuatro entradas y cuántas más son que con dos.

Solución

La O EXCLUSIVA da 1 con las entradas distintas, y eso ocurre con A = 0 y B = 1 y con A = 1 y B = 0. Son **2** de las 4.

Tanto por ciento de esas dos: $(2) \div (4) = 0,5$; en tanto por ciento, un **50 %**.

Frente a una O corriente la diferencia está en una sola fila, la de A = 1 y B = 1: ahí la O da 1 y la O EXCLUSIVA da 0. En las otras tres coinciden, así que discrepan en **1** de las 4.

Filas con cuatro entradas: $2^4 = 16$. Con dos entradas eran $2^2 = 4$.

Cuántas más: $16 - 4 = 12$ filas más, o dicho de otra manera, $16 \div 4 = 4$ veces más.

Comprobación del crecimiento por un camino independiente: al pasar de 2 a 4 entradas se añaden 2 bits, y cada bit añadido dobla las filas. Doblar dos veces es multiplicar por 4, que es lo que ha salido.

▲ Ese crecimiento es lo que hace que las tablas de muchas entradas no se escriban del tirón. Con 10 entradas harían falta 1.024 filas.

El álgebra de Boole: propiedades y simplificación

Lo que hay que saber

El **álgebra de Boole** trabaja con variables que solo valen 0 o 1, y con las tres operaciones de las puertas. Sirve para escribir un circuito como una expresión y manejarlo.

Las propiedades con constantes se usan a cada paso: algo Y 1 se queda igual, algo Y 0 se anula, algo O 0 se queda igual y algo O 1 se hace 1.

Con la misma variable repetida: A Y A y A O A dan las dos A. Y con la variable y su contraria: A Y (NO A) da 0, mientras que A O (NO A) da 1.

La **absorción** quita términos enteros: cuando una variable aparece sola en un sumando y acompañada en otro, el sumando acompañado sobra.

Las leyes de **De Morgan** cambian la operación al negar: negar un producto es sumar las negadas, y negar una suma es multiplicar las negadas. Sirven para pasar de un tipo de puerta a otro.

▲ Una simplificación se comprueba recorriendo las combinaciones una a una: si la expresión de partida y la simplificada no dan la misma salida en todas, no son la misma.

- 19** Simplifica la expresión $S = (A \text{ Y } B) \text{ O } (A \text{ Y NO } B)$ y comprueba el resultado recorriendo las cuatro combinaciones de A y B.

Solución

En los dos sumandos aparece A, así que sale como factor común: $S = A \text{ Y } (B \text{ O NO } B)$. Una variable sumada a su contraria da 1, de modo que queda A Y 1; y algo Y 1 se queda igual. Así que **S = A**.

Recorrido de las cuatro combinaciones con la expresión de partida. Con A = 0 y B = 0: el primer sumando vale 0 y el segundo también, y 0 O 0 da 0. Con A = 0 y B = 1: los dos vuelven a valer 0, y la salida es 0.

Con A = 1 y B = 0: el primer sumando vale 0 y el segundo vale 1, y 0 O 1 da 1. Con A = 1 y B = 1: el primero vale 1 y el segundo vale 0, y 1 O 0 da 1.

Las cuatro salidas son 0, 0, 1 y 1, que coincide con el valor de A fila por fila. La simplificación se sostiene.

Comprobación de que no se ha perdido nada: se han recorrido 4 filas, que son las 2^2 que tiene una tabla de dos entradas.

▲ El recorrido comprueba estas dos expresiones concretas, no la propiedad en general. Para eso hace falta el recorrido completo, que es lo que se acaba de hacer: con dos entradas, cuatro filas son todas.

Un montaje necesita la salida NO (A Y B), pero en el cajón solo quedan puertas NO y puertas O. Escribe la expresión equivalente que sí se puede montar, compruébala recorriendo las cuatro combinaciones y di cuántas puertas lleva cada versión.

Solución

Negar un producto equivale a sumar las negadas, así que lo que se puede montar con lo que queda en el cajón es **(NO A) O (NO B)**.

Versión de partida. A Y B vale 0, 0, 0 y 1 en las cuatro combinaciones, en el orden de contar en binario. Al negarlo queda **1, 1, 1 y 0**.

Versión que se monta. NO A vale 1, 1, 0 y 0. NO B vale 1, 0, 1 y 0. La O de las dos da 1, 1, 1 y 0.

Las dos dan la misma lista de salidas en las cuatro filas, así que son equivalentes y el montaje sirve.

Puertas de cada versión: la de partida lleva una Y y una NO, o sea **2 puertas**; la que se puede montar lleva dos NO y una O, o sea **3 puertas**. La equivalencia sale, pero cuesta una puerta más.

Comprobación de que el recuento de unos cuadra por los dos caminos: la versión de partida vale 1 en 3 filas, que son las 4 menos la única donde A Y B valía 1. Y la montada vale 0 en 1 fila, la de A = 1 y B = 1.

▲ Esta comprobación vale para dos entradas. Con tres, la equivalencia se sigue cumpliendo, pero comprobarlo pide recorrer las ocho filas.

Un circuito tiene la salida $S = (A \text{ Y } B) \text{ O } (A \text{ Y } C) \text{ O } (A \text{ Y } D)$. Simplifícalo sacando factor común, calcula cuántas puertas de dos entradas lleva cada versión y qué tanto por ciento de puertas se ahorra. Cuenta las puertas O de más de dos entradas como las de dos entradas que hagan falta para montarlas.

Solución

Sacando A como factor común: **$S = A \text{ Y } (B \text{ O } C \text{ O } D)$** .

Puertas de la versión de partida: tres puertas Y, una por cada producto, y dos puertas O para sumar los tres términos, porque sumar tres cosas con puertas de dos entradas pide dos puertas. Total $3 + 2 = 5$ **puertas**.

Puertas de la versión simplificada: dos puertas O para sumar B, C y D, y una puerta Y para multiplicar el resultado por A. Total $2 + 1 = 3$ **puertas**.

Ahorro: $5 - 3 = 2$ **puertas**, que sobre 5 son $(2) \div (5) = 0,4$; en tanto por ciento, un **40 %**.

Comprobación de la aritmética del porcentaje: si se ahorra el 40 %, queda el 60 %, y el 60 % de 5 son 3. Esto comprueba el tanto por ciento y no el recuento de puertas: con 4 puertas en la versión simplificada el reparto también cuadraría, en el 20 % y el 80 %. El recuento hay que repasarlo puerta por puerta.

▲ El recuento depende de contar las puertas de tres entradas como dos de dos. Con puertas de tres entradas disponibles saldrían otros números, y el ahorro no sería el mismo.

De la frase al circuito: diseñar un automatismo

Lo que hay que saber

Diseñar un automatismo combinacional es traducir una frase en castellano a una expresión lógica, y luego a puertas. Ese es el orden de trabajo.

Cada palabra de la frase tiene su operación: «y» a la vez es una puerta Y, «o bien» es una puerta O, y «no» o «sin» es una puerta NO.

Las condiciones que hay que cumplir a la vez se multiplican; las que valen por separado se suman. Reconocer cuál es cuál es la mitad del trabajo.

Conviene poner nombre a cada entrada antes de escribir nada, y decir qué significa su 1. Un mismo montaje cambia entero si el 1 del sensor significa «abierto» en vez de «cerrado».

Una vez escrita la expresión, se recorre la tabla de verdad combinación a combinación. Ahí se ve si la expresión y la frase coinciden, o si se ha colado una condición de más.

▲ Las frases en castellano son ambiguas a menudo, y «o» puede significar la puerta O o la O EXCLUSIVA. Cuando el enunciado no lo aclare, hay que decir con cuál se ha trabajado.

- 22** Un motor arranca si están pulsados a la vez los dos botones A y B y además el sensor de seguridad C no está activado. Escribe la expresión lógica de la salida S y calcula en cuántas de las combinaciones posibles arranca el motor.

Solución

Las tres condiciones han de cumplirse de manera simultánea, y por eso se multiplican. Y la del sensor entra negada, porque el motor arranca cuando el sensor **no** está activado.

Expresión: **$S = A \cdot B \cdot (\text{NO } C)$** .

Combinaciones posibles: con 3 entradas son $2^3 = 8$.

El motor arranca cuando A vale 1, B vale 1 y C vale 0. Eso fija las tres entradas, así que es **1** combinación de las 8.

Comprobación contando los casos en los que NO arranca, uno por uno y sin restar: con A = 0 hay 4 combinaciones; con A = 1 y B = 0, otras 2; y con A = 1, B = 1 y el sensor activado, 1 más. Son $4 + 2 + 1 = 7$, y $7 + 1 = 8$, el total.

▲ Conviene decir qué significa el 1 de cada entrada antes de escribir nada. Si el 1 del sensor significara «vía libre» en vez de «activado», la expresión iría sin la negación.

- 23** Una alarma suena si hay movimiento y además es de noche, o bien si se abre la puerta. Llamando M al movimiento, N a la noche y P a la puerta abierta, escribe la expresión de la salida S y calcula en cuántas de las ocho combinaciones suena la alarma.

Solución

«Movimiento y además de noche» se multiplican: $M \cdot N$. «O bien si se abre la puerta» se suma: se añade P con una puerta O.

Expresión: **$S = (M \cdot N) \cdot O \cdot P$** .

Combinaciones con P = 1: la alarma suena, valgan lo que valgan M y N. Son 4 de las 8, porque M y N quedan libres.

Combinaciones con P = 0: la alarma suena solo si M vale 1 y N vale 1, y eso es **1** combinación.

Total: $4 + 1 = 5$ de las 8.

Comprobación contando una a una las combinaciones en las que no suena, sin restar: con P = 0 y M = 0 hay 2, y con P = 0, M = 1 y N = 0 hay 1 más. Son $2 + 1 = 3$, y $3 + 5 = 8$, que son todas.

Un automatismo tiene la salida $S = (A \text{ Y } B) \text{ O } (C \text{ Y NO } D)$. Calcula cuántas puertas de dos entradas lleva, cuántas filas tiene su tabla de verdad y en cuántas de esas filas la salida vale 1.

Solución

Puertas: una Y para A Y B, una NO para invertir D, una Y para C Y (NO D) y una O para sumar los dos términos. Son **4 puertas**.

Filas: hay cuatro entradas, así que $2^4 = 16$ filas.

Filas en las que A Y B vale 1: A y B quedan fijadas a 1 y las otras dos libres, o sea $2^2 = 4$ filas. Filas en las que C Y (NO D) vale 1: C fijada a 1 y D a 0, y A y B libres, otras 4 filas.

Las dos listas se solapan en las filas donde se cumplen los dos términos al mismo tiempo: A = 1, B = 1, C = 1 y D = 0. Eso fija las cuatro entradas, así que es 1 fila.

Salida a 1: se suman las dos listas y se descuenta el solape, para no contarlo dos veces. $4 + 4 - 1 = 7$ filas de las 16.

▲ Descontar el solape es el paso que se olvida. Sumar $4 + 4$ daría 8, un número creíble, y la equivocación no aparece si no se recorren las filas.

El esquema de un circuito neumático y sus símbolos

Lo que hay que saber

▲ Este tema viene con la teoría explicada y no trae ejercicios, porque un símbolo neumático es un dibujo y esta página no puede ponerlo. Lo que sigue es lo que hay que saber para leer y trazar uno en el cuaderno.

Un circuito neumático empieza en el **compresor**, que comprime aire y lo manda a un depósito. De ahí sale la red que alimenta todos los montajes del taller.

Antes de cada montaje va la **unidad de mantenimiento**, que hace tres cosas: filtra el aire, regula la presión de trabajo y le añade un poco de lubricante.

El actuador más corriente es el **cilindro**. El de **simple efecto** empuja en un sentido y vuelve solo con un muelle; el de **doble efecto** recibe aire por los dos lados y empuja en los dos.

El mando lo llevan las **válvulas distribuidoras**, que dirigen el aire. Su nombre lleva dos cifras: la primera cuenta las **vías**, que son las bocas por donde entra o sale el aire, y la segunda las **posiciones**.

En el símbolo de una válvula cada posición es un **cuadrado**, y dentro se dibujan flechas que indican por dónde pasa el aire en esa posición. Los cuadrados van pegados uno al lado del otro.

El símbolo del cilindro es un rectángulo alargado con el émbolo dentro y el vástago saliendo por un extremo. En el de simple efecto se añade el muelle, que se traza como una línea en zigzag.

El **regulador de caudal** se dibuja como un estrechamiento del conducto y sirve para que el vástago salga más despacio. Y el **escape** se marca con un triángulo pequeño en la boca por donde el aire vuelve a la atmósfera.

Las líneas también dicen algo: la **línea continua** es una tubería de trabajo y la **línea de trazos** es una tubería de mando, que lleva la señal en vez de la fuerza.

La neumática: presión, fuerza y carrera de un cilindro

Lo que hay que saber

La **presión** es la fuerza repartida sobre una superficie. Su unidad es el **pascal**, que es un newton por metro cuadrado, y en el taller se habla en **bares**.

Un bar son cien mil pascuales. Conviene pasar a pascuales antes de operar, porque con bares y centímetros cuadrados los resultados salen en unidades mezcladas.

De la definición sale la cuenta del cilindro: la **fuerza** que hace es la presión por la **sección** del émbolo. Con la presión en pascuales y la sección en metros cuadrados, la fuerza sale en newtons.

La misma relación despeja lo demás: la presión que hace falta para una fuerza pedida, o la sección mínima cuando la presión de la red es la que es.

En un cilindro de **doble efecto** las dos fuerzas no son iguales. Al volver, el **vástago** ocupa parte del émbolo, así que queda menos superficie y la fuerza de retroceso es menor.

▲ La **carrera** es lo que recorre el vástago, y no cambia la fuerza. Es un error cómodo de cometer: un cilindro más largo no empuja más, solo llega más lejos.

- 25** Un cilindro de simple efecto tiene un émbolo de 8 cm^2 de sección y trabaja con aire a 6 bar. Calcula la fuerza que hace, en newtons.

Solución

Presión en unidades base: $6 \text{ bar} \times 100.000 = \mathbf{600.000 \text{ Pa}}$.

Sección en metros cuadrados: $8 \text{ cm}^2 = 0,0008 \text{ m}^2$, porque un centímetro cuadrado es la diezmilésima parte de un metro cuadrado.

Fuerza: $F = p \times S = (600.000 \text{ Pa}) \times (0,0008 \text{ m}^2) = \mathbf{480 \text{ N}}$. Pascal por metro cuadrado da newton, porque el pascal es un newton por metro cuadrado.

Comprobación deshaciendo la cuenta: $(480 \text{ N}) \div (0,0008 \text{ m}^2) = 600.000 \text{ Pa}$, que son los 6 bar de partida.

▲ Trabajar con bares y centímetros cuadrados sin convertir da un número que no es ni newtons ni nada. Es un error que no salta a la vista porque la cifra sale razonable.

- 26** Un cilindro de doble efecto tiene el émbolo de 12 cm^2 y el vástago ocupa 2 cm^2 de esa superficie. Trabaja a 5 bar. Calcula la fuerza de avance, la de retroceso y la diferencia entre las dos.

Solución

Presión: $5 \text{ bar} \times 100.000 = 500.000 \text{ Pa}$.

Al avanzar, el aire empuja sobre el émbolo entero: $S = 12 \text{ cm}^2 = 0,0012 \text{ m}^2$. Fuerza de avance: $(500.000 \text{ Pa}) \times (0,0012 \text{ m}^2) = \mathbf{600 \text{ N}}$.

Al retroceder, el vástago ocupa parte de la superficie y queda menos: $12 - 2 = 10 \text{ cm}^2 = 0,0010 \text{ m}^2$. Fuerza de retroceso: $(500.000 \text{ Pa}) \times (0,0010 \text{ m}^2) = \mathbf{500 \text{ N}}$.

Diferencia: $600 \text{ N} - 500 \text{ N} = \mathbf{100 \text{ N}}$. La de retroceso es cinco sextos de la de avance.

Comprobación por las superficies, sin pasar por las fuerzas: a la misma presión las fuerzas van en la misma proporción que las secciones, y $10 \div 12$ es cinco sextos. Coincide con $500 \div 600$.

▲ La diferencia sale de los 2 cm^2 del vástago, no de la presión. Subir la presión aumenta las dos fuerzas y la proporción entre ellas se queda igual.

27

Un montaje necesita empujar con 900 N y dispone de un cilindro de 15 cm² de sección. Calcula a qué presión hay que ajustar la red, en pascales y en bares.

Solución

Sección en metros cuadrados: 15 cm² = 0,0015 m².

Presión: se despeja de la relación entre fuerza y superficie. $p = (900 \text{ N}) \div (0,0015 \text{ m}^2) = \mathbf{600.000 \text{ Pa}}$.

En bares: $(600.000) \div (100.000) = \mathbf{6 \text{ bar}}$.

Comprobación deshaciendo la cuenta: $(600.000 \text{ Pa}) \times (0,0015 \text{ m}^2) = 900 \text{ N}$, la fuerza pedida.

▲ Conviene mirar si esa presión cabe en la red del taller antes de dar el cálculo por bueno. Si la red no llega, la salida es un cilindro de más sección, no más presión.

El caudal y el consumo de aire de una instalación

Lo que hay que saber

El **volumen** que un cilindro barre en una carrera es su sección por la carrera. Con la sección en centímetros cuadrados y la carrera en centímetros, sale en centímetros cúbicos.

Mil centímetros cúbicos son un **litro**. Es la conversión que hay que tener presente, porque el aire de taller se mide en litros por minuto.

El **caudal** es el volumen que pasa en cada unidad de tiempo. Multiplicando el volumen de una carrera por los ciclos de cada minuto sale el caudal que pide el montaje.

Del mismo caudal se saca la **velocidad** del vástago: caudal dividido entre sección. Y por eso un regulador, que recorta el caudal, hace que el vástago salga más despacio.

El aire que de verdad se gasta se mide a **presión atmosférica**, y es mayor que el volumen del cilindro. Se multiplica por la presión absoluta, que es la de trabajo más una atmósfera.

▲ Confundir el volumen del cilindro con el aire consumido deja el compresor corto. Los dos números son correctos y miden cosas distintas: uno es lo que cabe dentro y otro lo que hay que fabricar.

28

Un cilindro de 8 cm² de sección tiene una carrera de 25 cm y hace 20 ciclos cada minuto. Calcula el volumen que barre en una carrera, en centímetros cúbicos y en litros, y el caudal que pide, en litros por minuto.

Solución

Volumen de una carrera: es la sección por la carrera. $V = (8 \text{ cm}^2) \times (25 \text{ cm}) = \mathbf{200 \text{ cm}^3}$.

En litros: $(200) \div (1.000) = \mathbf{0,2 \text{ L}}$, porque mil centímetros cúbicos son un litro.

Caudal: el volumen de una carrera por los ciclos de cada minuto. $(0,2 \text{ L}) \times 20 = \mathbf{4 \text{ L/min}}$.

Comprobación por unidades: litro por ciclo, multiplicado por ciclos por minuto, deja litros por minuto. Los ciclos se cancelan y queda la unidad que se buscaba.

▲ Esa comprobación detecta haber dividido en vez de multiplicar, porque entonces los ciclos quedarían al revés. No detecta un error en el número de ciclos.

29

Por un cilindro de 10 cm² de sección entra un caudal de 6 L/min. Calcula la velocidad del vástago, en centímetros por minuto y en centímetros por segundo.

Solución

Caudal en centímetros cúbicos por minuto: $(6 \text{ L}) \times 1.000 = 6.000 \text{ cm}^3/\text{min}$.

Velocidad: es el caudal dividido entre la sección. $v = (6.000 \text{ cm}^3/\text{min}) \div (10 \text{ cm}^2) = \mathbf{600 \text{ cm/min}}$.

Centímetro cúbico entre centímetro cuadrado deja centímetro.

En centímetros por segundo: $(600) \div 60 = \mathbf{10 \text{ cm/s}}$.

Comprobación deshaciendo la cuenta: $(600 \text{ cm}^3/\text{min}) \times (10 \text{ cm}^2) = 6.000 \text{ cm}^3/\text{min}$, que son los 6 L/min de partida.

▲ Un regulador que recorte el caudal baja la velocidad en la misma proporción, porque la sección no cambia. La fuerza, en cambio, se queda igual: depende de la presión y no del caudal.

30

Ese mismo cilindro barre 0,2 L en cada carrera y trabaja a 6 bar, con la presión atmosférica valiendo 1 bar. Hace 20 ciclos por minuto. Calcula el aire que gasta en una carrera medido a presión atmosférica y el consumo en litros por minuto.

Solución

Presión absoluta: la de trabajo más la atmosférica. $6 + 1 = 7 \text{ bar}$.

El aire comprimido ocupa menos que el mismo aire suelto, en la proporción de la presión absoluta.

Aire por carrera medido a presión atmosférica: $(0,2 \text{ L}) \times 7 = 1,4 \text{ L}$.

Consumo por minuto: $(1,4 \text{ L}) \times 20 = 28 \text{ L/min}$.

Comprobación cambiando el orden de las operaciones: el caudal dentro del cilindro es $(0,2 \text{ L}) \times 20 = 4 \text{ L/min}$, y $4 \times 7 = 28 \text{ L/min}$. Sale lo mismo, lo que descarta un tropiezo aritmético. Lo que no descarta es equivocarse con el 7: las dos rutas lo usan, así que olvidar la atmósfera y multiplicar por 6 daría 24 L/min por los dos caminos.

▲ Los 4 L/min y los 28 L/min miden cosas distintas: lo que cabe dentro del cilindro y lo que el compresor tiene que fabricar. Dimensionar el compresor con el primer número lo deja corto.

La hidráulica: el principio de Pascal y la prensa

Lo que hay que saber

Un circuito **hidráulico** trabaja con un líquido en vez de con aire. El líquido apenas se comprime, así que responde enseguida y aguanta presiones mucho mayores.

El **principio de Pascal** dice que la presión aplicada a un líquido encerrado se transmite por igual a cada uno de sus puntos. De ahí sale todo lo demás.

Si un émbolo pequeño y otro grande comparten el mismo líquido, los dos soportan idéntica presión. Como la presión es fuerza entre superficie, el émbolo grande devuelve más fuerza.

Cuánto más se calcula con la proporción de las **secciones**: la fuerza se multiplica tantas veces como el émbolo grande es mayor que el pequeño.

Lo que no se multiplica es el **trabajo**. El líquido que baja de un lado sube por el otro, así que el émbolo grande recorre menos, y lo que se gana en fuerza se pierde en recorrido.

▲ Esa compensación es lo que distingue una máquina de un invento imposible. Conviene comprobar las dos cosas, fuerza y recorrido, antes de dar una prensa por buena.

31

En una prensa hidráulica se empuja el émbolo pequeño, de 5 cm^2 , con una fuerza de 200 N. El émbolo grande tiene 100 cm^2 . Calcula la presión del líquido, en pascas y en bares, y la fuerza que devuelve el émbolo grande.

Solución

Sección pequeña en metros cuadrados: $5 \text{ cm}^2 = 0,0005 \text{ m}^2$.

Presión: $p = (200 \text{ N}) \div (0,0005 \text{ m}^2) = 400.000 \text{ Pa}$, es decir $(400.000) \div (100.000) = 4 \text{ bar}$.

Por el principio de Pascal esa presión llega por igual a cada punto del líquido, de modo que es la que empuja el émbolo grande.

Sección grande: $100 \text{ cm}^2 = 0,01 \text{ m}^2$. Fuerza: $(400.000 \text{ Pa}) \times (0,01 \text{ m}^2) = 4.000 \text{ N}$.

Comprobación por la proporción de secciones, sin pasar por la presión: $(100) \div (5) = 20$, y $(200 \text{ N}) \times$

$20 = 4.000 \text{ N}$. Sale la misma fuerza por un camino que no usa ninguna de las dos cuentas anteriores.

32

En esa prensa, el émbolo pequeño de 5 cm^2 baja 40 cm en cada bombeo y el grande tiene 100 cm^2 . Calcula cuánto sube el émbolo grande en un bombeo y cuántos bombeos hacen falta para subirlo 10 cm . Comprueba después, con las fuerzas de 200 N y 4.000 N , que el trabajo de un bombeo es el mismo a los dos lados.

Solución

Volumen de líquido que desaloja el émbolo pequeño: $(5 \text{ cm}^2) \times (40 \text{ cm}) = 200 \text{ cm}^3$.

Ese mismo volumen es el que levanta al otro lado. Subida del émbolo grande en un bombeo: $(200 \text{ cm}^3) \div (100 \text{ cm}^2) = 2 \text{ cm}$.

Bombeos para subirlo 10 cm : $(10 \text{ cm}) \div (2 \text{ cm}) = 5 \text{ bombeos}$.

Trabajo del lado pequeño: fuerza por recorrido. $(200 \text{ N}) \times (0,4 \text{ m}) = 80 \text{ J}$.

Trabajo del lado grande: $(4.000 \text{ N}) \times (0,02 \text{ m}) = 80 \text{ J}$. Los dos salen iguales.

Comprobación por las proporciones: la fuerza se multiplica por 20 y el recorrido se divide entre 20, así que el producto de ambos no varía. Y con él tampoco varía el trabajo.

▲ Lo que la prensa multiplica es la fuerza, y lo paga en recorrido. Una máquina que multiplicara el trabajo no existe, y ese es el primer repaso de cualquier resultado de este tipo.

33

Un gato hidráulico tiene que levantar 6.000 N con un émbolo grande de 120 cm^2 . El émbolo pequeño es de 4 cm^2 . Calcula la presión necesaria, en pascales y en bares, y la fuerza que hay que hacer en el émbolo pequeño.

Solución

Sección grande: $120 \text{ cm}^2 = 0,012 \text{ m}^2$.

Presión: $p = (6.000 \text{ N}) \div (0,012 \text{ m}^2) = 500.000 \text{ Pa}$, es decir **5 bar**.

Sección pequeña: $4 \text{ cm}^2 = 0,0004 \text{ m}^2$. Fuerza que hay que hacer: $(500.000 \text{ Pa}) \times (0,0004 \text{ m}^2) = 200 \text{ N}$.

Comprobación por la proporción de secciones, que no usa la presión: $(120) \div (4) = 30$, y $(6.000 \text{ N}) \div 30 = 200 \text{ N}$. Coincide.

▲ Con 200 N no se levantan 6.000 N de golpe: hay que bombear muchas veces, porque cada empujón mueve poco líquido. La cuenta dice la fuerza, no el número de bombeos.

El transporte y la energía: el consumo por viajero

Lo que hay que saber

Un edificio y un vehículo gastan energía por motivos distintos. En el edificio deciden la **orientación**, el **aislamiento** y la **ventilación**; en el vehículo deciden los kilómetros que recorre y cuántas personas van dentro.

El gasto de un vehículo se da en **litros cada cien kilómetros**, y no en litros a secas. Darlo así permite comparar trayectos de distinta longitud.

Lo que gasta un trayecto sale de una regla de tres: ese consumo por los kilómetros recorridos y dividido entre cien. El resultado son litros.

Para comparar dos formas de moverse lo que sirve es el **consumo por viajero**: el gasto del vehículo repartido entre las personas que lleva. Un vehículo grande medio vacío puede quedar peor que uno pequeño lleno.

Compartir un trayecto no cambia lo que consume el vehículo: gasta lo mismo vaya solo el conductor o vayan varios. Lo que cambia es entre cuántas personas se divide ese gasto.

▲ Dos consumos solo se pueden comparar si están medidos de la misma manera. Uno medido en ciudad y otro en carretera no se restan, aunque los dos vengan en litros cada cien kilómetros.

- 34** Una ruta escolar recorre 24 km al día. Un vehículo gasta 8 litros cada 100 km y otro gasta 6, datos inventados de este ejercicio. Calcula lo que gasta cada uno al día, el ahorro diario, el ahorro en un curso de 180 días y qué tanto por ciento supone.

Solución

Gasto diario del primero: $(24 \text{ km}) \times (8 \text{ L}) \div (100 \text{ km}) = \mathbf{1,92 \text{ L}}$. Los kilómetros se cancelan y queda una cantidad de litros.

Gasto diario del segundo: $(24 \text{ km}) \times (6 \text{ L}) \div (100 \text{ km}) = \mathbf{1,44 \text{ L}}$.

Ahorro diario: $1,92 - 1,44 = \mathbf{0,48 \text{ L}}$.

En un curso entero: $(0,48 \text{ L}) \times 180 = \mathbf{86,4 \text{ L}}$.

Tanto por ciento: $(0,48) \div (1,92) = 0,25$; en tanto por ciento, un **25 %**.

Comprobación del tanto por ciento sin usar los litros del trayecto: se pasa de 8 a 6 litros cada 100 km, y $(6) \div (8) = 0,75$. Gastar el 75 % es ahorrar el 25 %, que es lo que había salido.

- 35** Un autobús de 50 plazas gasta 25 litros cada 100 km y un turismo de 4 plazas gasta 5, datos inventados de este ejercicio. Calcula cuánto gasta cada uno por viajero y por cada 100 km yendo llenos. Después, cuántas veces más gasta el turismo, y con cuántos viajeros dentro el autobús dejaría de ir por delante.

Solución

Autobús lleno: $(25 \text{ L}) \div 50 = \mathbf{0,5 \text{ L}}$ por viajero y por cada 100 km.

Turismo lleno: $(5 \text{ L}) \div 4 = \mathbf{1,25 \text{ L}}$ por viajero y por cada 100 km.

Cuántas veces más: $(1,25) \div (0,5) = \mathbf{2,5 \text{ veces}}$.

Viajeros a los que el autobús iguala al turismo: se busca el número que reparta los 25 litros en porciones de 1,25. $(25) \div (1,25) = \mathbf{20 \text{ viajeros}}$.

Comprobación de ese número por el camino contrario: $(25 \text{ L}) \div 20 = 1,25 \text{ L}$ por viajero, que es lo que gasta el turismo lleno. Con menos de 20 dentro, el autobús queda por detrás.

▲ El resultado depende de cuánta gente va dentro, no del tamaño del vehículo. Un autobús con cuatro pasajeros gasta 6,25 litros por viajero, cinco veces más que el turismo lleno.

Cuatro alumnos hacen 12 km cada uno para llegar al instituto. Comparan ir en cuatro turismos o ir los cuatro en uno solo. Los turismos gastan 5 litros cada 100 km, dato inventado de este ejercicio. Calcula el gasto total en cada caso, el ahorro y qué tanto por ciento es.

Solución

Gasto de un turismo en ese trayecto: $(12 \text{ km}) \times (5 \text{ L}) \div (100 \text{ km}) = \mathbf{0,6 \text{ L}}$.

Con cuatro turismos, cada uno hace su trayecto: $(0,6 \text{ L}) \times 4 = \mathbf{2,4 \text{ L}}$.

Con uno solo, el recorrido es el mismo y el gasto también: $\mathbf{0,6 \text{ L}}$. Llevar acompañantes no aumenta los kilómetros.

Ahorro: $2,4 - 0,6 = \mathbf{1,8 \text{ L}}$, que sobre 2,4 es $(1,8) \div (2,4) = 0,75$; en tanto por ciento, un $\mathbf{75 \%}$.

Comprobación por el reparto por persona: en cuatro turismos cada uno carga con 0,6 L, y compartiendo carga con $(0,6 \text{ L}) \div 4 = 0,15 \text{ L}$. La razón entre los dos repartos es $(0,15) \div (0,6) = 0,25$, que es el 25 % que queda tras ahorrar el 75 %.

▲ La cuenta supone que el trayecto compartido es el mismo. Si recoger a los otros tres añadiera kilómetros, habría que sumarlos antes de comparar.
