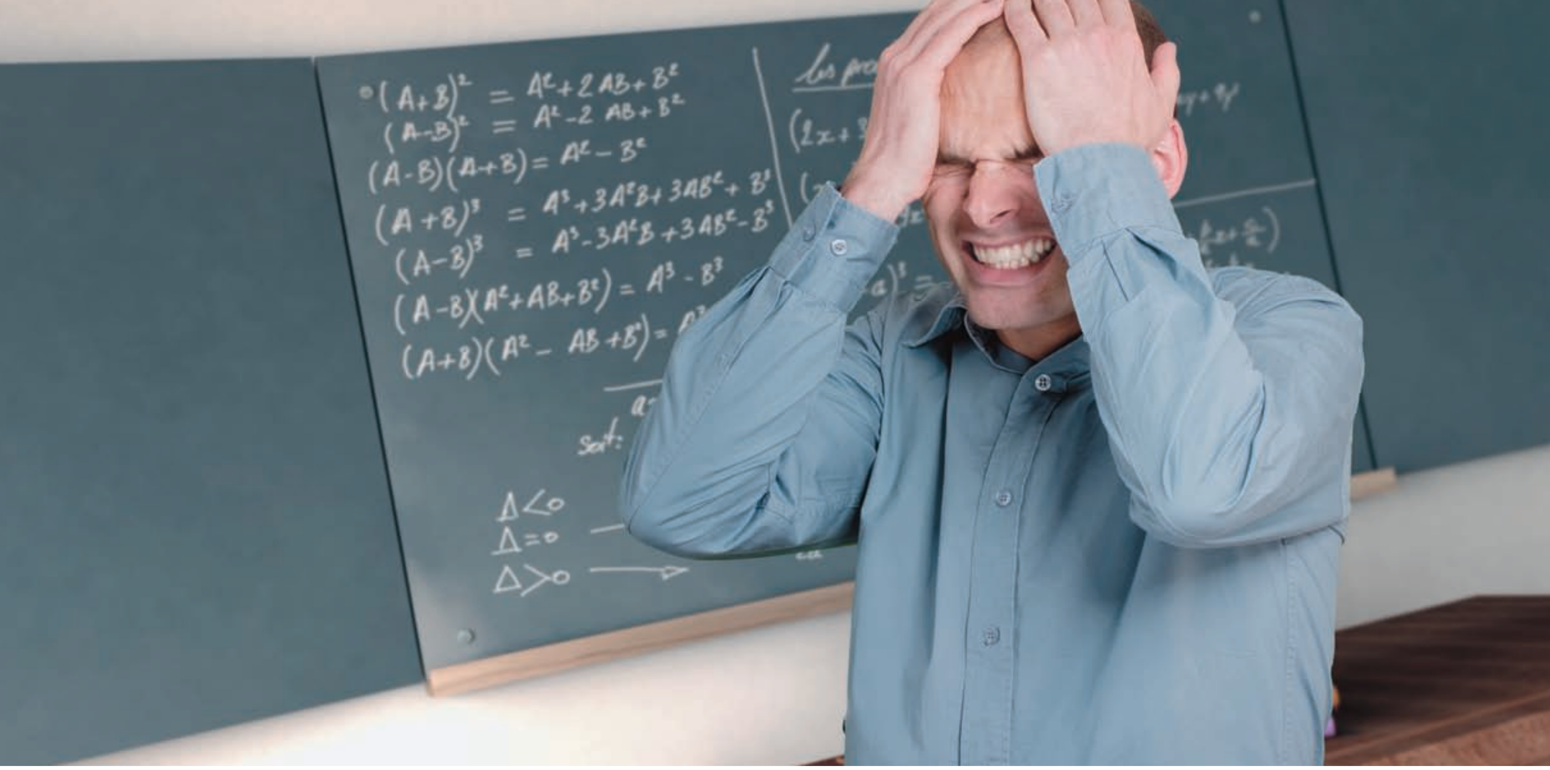


La vida cotidiana y el aprendizaje

¿Cómo puedo utilizar la inducción electromagnética para ligar mejor? ¿Qué tiene que ver el principio de inducción con el estudio de una asignatura? ¿Por qué resolver un problema de física puede ser tan fácil como hacer la compra? ¿Qué se puede aprender del programa *Bricomanía*? ¿Por qué un número *double* es análogo al rozamiento? ¿Por qué es similar el diseño del estudio al proceso de compra de un móvil y a un material ferromagnético? ¿Por qué las unidades y los ordenes de magnitud son importantes a la hora de seleccionar un trabajo? ¿Por qué los ingenieros hablamos en porcentaje? ¿Este artículo de qué va y por qué comienza con unas preguntas tan raras? ¿Se habrá vuelto loco el autor de este artículo?

Enrique Lobato Miguélez

Dr. Ingeniero Industrial del ICAI por la Universidad Pontificia Comillas (1998), es Investigador del Instituto de Investigación Tecnológica y Profesor Propio del Departamento de Electrotecnia y Sistemas de la ETSI-ICAI de la Universidad Pontificia de Comillas. Imparte la asignatura de Fundamentos Físicos de la Ingeniería de primer curso de Ingeniería Industrial.

Es indudable que los tiempos docentes han cambiado mucho desde que yo empecé la carrera allá por el año 1992. La invención de Internet ha supuesto un verdadero cambio de paradigma sobre los medios docentes empleados tanto por profesores como alumnos. Por otro lado, entre los docentes universitarios es generalizada la opinión de que el bachillerato está actualmente viciado, creando una cultura del mínimo esfuerzo, la percepción de que todo se puede conseguir al instante prácticamente con apretar el ratón, y dando la idea de que la ciencia infusa es un concepto al alcance de todos. ¡Nada más lejos de la realidad! La ciencia infusa no existe, todo en esta vida exige un esfuerzo y para recoger, qué duda cabe de que primero hay que sembrar.

Recientemente he leído el libro de Ken Bain 'Lo que hacen los mejores profesores universitarios', libro de recomendada lectura a todos los profesionales docentes. Una de las ideas que se sugieren es intentar despertar la curiosidad de los alumnos, fomentar su atención e incrementar su motivación a través de preguntas que cada disciplina puede ayudar a resolver. Tras su lectura, he estado pensando en adaptar en forma de pregunta algunas de las analogías (en algunos casos anécdotas que rozan el límite de la tontería) que suelo contar a mis alumnos de primer curso en la asignatura de física. En este artículo presento algunas de ellas, las que he considerado más graciosas o que más analogía presentan con la vida cotidiana o con el aprendizaje. ¡Hay que ver lo que se parecen muchos aspectos de la vida cotidiana a los aspectos técnicos que impartimos dentro de un aula!

Con este artículo pretendo arrancar una sonrisa a todo aquel que lo lea, y mostrar como el uso de analogías a través de la formulación de una pregunta conflictiva, extraña o curiosa puede ayudar a captar el interés, aumentar la motivación y mejorar el modo en que los alumnos aprenden los contenidos que se imparten en el aula. Creo que con ello consigo que mis clases les resulten más entretenidas y más didácticas a mis alumnos, y a la par hace que me lo pase mejor y me guste más la labor docente que desempeño.

¿Cómo me puede ayudar la inducción electromagnética a ligar?

Desde mi punto de vista, la inducción electromagnética es sin duda alguna el fenómeno físico más importante de la ingeniería. Está presente en la generación de electricidad de las centrales (alternadores), en la transformación de electricidad (transformadores), en el transporte de la electricidad a través de las líneas, en los motores de inducción (en torno al 80% de los motores de la industria son de inducción), en las cocinas de inducción, en los frenos electromagnéticos del transporte pesado, en los trenes de levitación magnética, etc. Nadie es capaz de imaginar un mundo sin electricidad; dicho de otro modo, el mundo en el que vivimos no sería el mismo sin inducción electromagnética.

Hacia 1830 Michael Faraday, en Inglaterra, y Joseph Henry, en Estados Unidos, descubrieron independientemente que si el flujo magnético Φ que atraviesa un circuito cerrado varía con el tiempo, en el circuito aparece una corriente mientras dura esta variación. El hecho de que aparezca una corriente se debe a que la variación del flujo magnético provoca una fuerza electromotriz (fem) ε en dicho circuito, denominada fuerza electromotriz inducida. Matemáticamente se expresa como:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$$

El signo menos indica que la fem inducida (y por tanto la corriente inducida) tiene un sentido que se opone al cambio que lo provoca, resultado que se conoce como ley de Lenz.

¡Menudo comportamiento más raro que tienen los circuitos! Sin embargo, los humanos nos comportamos exactamente igual que los circuitos, en continua y completa oposición a los cambios. Supongamos un sujeto A y un sujeto B (para no despertar suspicacias ni herir sensibilidades, no haré mención al género de los sujetos A y B, pudiendo ser éste cualquiera), que inician una interacción, que por conveniencia denominaremos Φ. Cuando esta interacción se mantiene constante con el tiempo, el sentimiento que se despierta entre los sujetos es neutro. Es típica la situación en que A se empieza a sentirse más atraído por B, incrementando su interacción Φ con B de forma sostenida y sustancial (en forma de llamadas telefónicas, mensajes sms, cumplidos varios). Es en ello que el sujeto B detecta ese incremento (derivada de Φ altamente positiva) y se termina comportando exactamente igual que un circuito: se opone a ese incremento (¡qué pesado es A! ¡ni puñetero caso a A!). Con el transcurrir del tiempo, el hastío y la desesperación va haciendo mella en A, decidiendo eventualmente dejar de invertir su tiempo e interés en B a través de un decrecimiento de su interacción Φ. Como no podía ser de otra manera, B detecta ese decremento de interacción (podríamos decir que la derivada se aproxima a menos infinito). ¿Cuál es su reacción? La inducción electromagnética nos ofrece la respuesta: ¡se opone a esa disminución! <<¡Qué raro!, ¡hace mucho tiempo que A no me llama! >>, mensajito sms a A <<Hace mucho que no se de ti! ¿Qué tal te va?>>.

Dicho esto, la inducción electromagnética nos dice que para tener más éxito al ligar, hay que combinar periodos con derivada positiva de interacción con periodos de derivada negativa de interacción para motivar algún tipo de respuesta. Desconozco la vida sentimental que tuvo Faraday, ni si aprovechó sus imponentes descubrimientos para otros fines distintos de los científicos.

¿Qué tiene que ver el principio de inducción con el estudio de una asignatura?

El principio de inducción es una de las primeras ideas que se enseña en la asignatura de cálculo a los estudiantes que empiezan a cursar la carrera de ingeniería. Dice así:

<< Sea *N* el conjunto de números naturales N = {1,2,3,…}. Sea *P* una propiedad que puede verificar cada número natural. El principio de inducción dicta que:

- si $N = 1$ verifica la propiedad y,
- si el número *n* verifica la propiedad, el número $n+1$ también la verifica, entonces se puede demostrar que la propiedad la verifica todo numero natural dentro del conjunto *N* >>.

El principio de inducción es un principio que he aprendido muy bien, después del problema del palomar que sufrí en el primer examen de cálculo que tuve en la carrera: "Dentro de un palomar con *n* agujeros hay $n+1$ palomas. Demostrar usando el principio de inducción que, si salen todas las palomas del palomar, al menos dos de ellas han salido por el mismo agujero". Si bien yo no razoné adecuadamente el problema en el examen (un simple "es evidente" no usaba el principio de inducción), el principio lo aprendí muy bien y se mantiene en mi memoria con el perdurar de los años (según me cuenta mi amigo, compañero y profesor de cálculo en aquel tiempo, sólo una persona de mi clase supo hacerlo correctamente).

Creo que todos los profesores nos hemos sentido frustrados en numerosas ocasiones cuando un alumno hace una pregunta cuyo origen está en que no vino a clase el día anterior, o bien que no estuvo atento o no se ha estudiado la lección del día anterior. Por otro lado, es común la planificación de las distintas asignaturas de manera incremental, en que los conocimientos de un tema son necesarios e imprescindibles para los temas sucesivos. Por ejemplo, en mecánica primero se estudia cinemática de la partícula, para después pasar a dinámica de la partícula, generalizar a la dinámica de un sistema de partículas, para luego acabar en la cinemática y dinámica del sólido rígido, un sistema de partículas cuyos integrantes están "pegados" entre sí. Es evidente que sin conocer las leyes y los conceptos de dinámica de una partícula, difícilmente vamos a resolver algo relacionado con la dinámica de un sólido rígido.

He aquí que el principio de inducción nos puede guiar a la hora de emprender el estudio. Para un muchach@ inteligente (nosotros tenemos la suerte de contar con ellos) y responsable (que empieza a estudiar desde la primera clase $N = 1$) es razonable pensar que atendiendo y estudiando la clase *N*, la explicación de la clase $N + 1$ le resultará sencilla y asequible de entender y asimilar. Dicho esto, el único secreto para no perderse en las explicaciones diarias es estudiar al día cada una de las clases, empezando desde la primera. Lo mismo aplica para el estudio de los temas sucesivos. Asumiendo que dominando el tema *T*, no habrá problema en dominar el tema $T + 1$, el principio de inducción nos sugiere que empezando a estudiar el primer tema con rigor y profundidad nos garantiza el éxito a lo largo del curso. Dicho de otro modo, no empezar a estudiar desde el principio o no estudiando los primeros temas con el rigor necesario es signo inequívoco de fracaso académico.

¿Por qué resolver un problema de física puede ser tan fácil como hacer la compra?

El bachillerato actual ha viciado a los estudiantes que entran en la universidad, en especial a los más brillantes. Dicta a los alumnos que estudiar física o matemáticas consiste en aprenderse un conjunto de fórmulas de memoria que se escupirán en el examen. En la mayoría de los casos, al lado de la fórmula almacenada en la memoria no figura para qué situaciones es válida dicha fórmula (es típico el ver la fórmula del espacio recorrido de un movimiento uniformemente acelerado aplicada a movimientos que NO son uniformemente acelerados). Por otro lado, los exámenes del bachillerato actual consisten típicamente en reproducir un problema hecho en clase, cuya única diferencia es un cambio numérico de alguna magnitud. Es evidente, que este paradigma docente forma a los alumnos a *reproducir* problemas anteriormente resueltos, y nunca a *pensar* o *solucionar* problemas nuevos. Y lo que es más grave aún, ha acostumbrado a los alumnos más inteligentes a conseguir buenos resultados con un esfuerzo mínimo (digamos, mirarse el problema de clase la noche anterior al examen).

En el primer curso de la carrera en la universidad, resulta imprescindible cambiar esta forma de pensar en el alumno. Dentro del documento "10 razones para estudiar en ICAI", disponible en la página web de la universidad, en la número 5 se puede leer: "El Ingeniero del ICAI no sólo resuelve con eficacia problemas complejos o realiza tareas complejas de una forma eficiente y **sistemática,** (…)". ¡Eso es! Para poder resolver problemas nuevos, lo primero es acostumbrarse a ser *sistemático.* Casi todos los problemas de la física responden al mismo sistema de resolución, que consiste en:

Paso 1: Encontrar la ecuación vectorial que resuelve el problema.

Paso 2: Seleccionar un sistema de ejes, el más adecuado posible (cartesiano, en coordenadas polares, cilíndricas, esféricas…).

Paso 3: Poner los vectores en componentes del sistema de ejes seleccionado, dejando las incógnitas donde toquen.

Paso 4: Efectuar las operaciones vectoriales (que pueden incluir sumas, restas, productos escalares, productos vectoriales, derivadas vectoriales o integrales vectoriales) en la ecuación por componentes, y despejar las incógnitas que haya.

Todo problema de la física se puede resolver con el proceso sistemático descrito. Por poner un ejemplo conocido para un estudiante de bachillerato, el cálculo de la aceleración de una masa conocida que cae sobre un plano fijo de inclinación conocida se realiza con el mismo proceso (ver Figura 1):

Paso 1: La ecuación vectorial que resuelve el problema es la segunda ley de Newton

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

Paso 2: El sistema más adecuado de ejes es un sistema cartesiano x e y indicado en la Figura 1.

Paso 3: Los vectores implicados se escriben en componentes como

$$\overrightarrow{peso} = mgsen(\theta)\vec{i} - mg\cos(\theta)\vec{j},$$
$$\vec{N} = N\,\vec{j},\ \vec{a} = a\,\vec{i}$$

donde las incógnitas son la normal *N* y la aceleración *a*.

Paso 4: Las ecuaciones en componentes son

$$\text{(eje x)}\ mgsen\ (\theta) = ma$$
$$\text{(eje y)}\ N - mg\cos\ (\theta)$$

De donde se despeja fácilmente el valor de la normal $N = mg\cos(\theta)$ y el valor de la aceleración $a = gsen\ (\theta)$

Evidentemente, el paso más difícil es hacerse con la ecuación vectorial adecuada que resolverá mi problema nuevo, y sólo la práctica y un estudio serio y comprometido nos enseñará a dar con la ecuación vectorial adecuada, y a resolverla diligentemente en poco tiempo.

Es posible que demasiada sistematización de los problemas pueda anular la creatividad en el alumno. Estoy de acuerdo. Sin embargo, si bien el ser sistemático no es condición suficiente, sí creo que es condición necesaria para ser un buen ingeniero. Además, enseñar a ser sistemático a los alumnos creo que es la única forma de subsanar los vicios traídos del bachillerato.

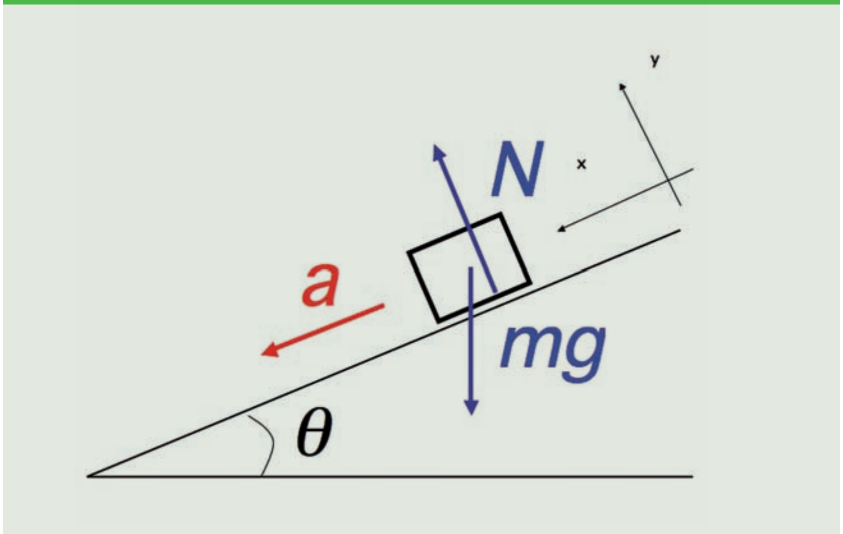
Al hilo del título de la pregunta, ¿por qué digo que hacer problemas de física puede ser tan sencillo como hacer la compra? Pues simple y llanamente porque hacer la compra (al igual que muchas otras actividades humanas), es un proceso tan sistemático como hacer un problema de física:

Paso 1: coger carrito a la entrada del supermercado.

Paso 2: darse un paseo por los pasillos y rellenar carrito con los productos a comprar.

Paso 3: hacer cola en la caja de pago.

Figura 1. Masa que cae por un plano inclinado de inclinación fija



Paso 4: pagar la compra.

Para hacer la compra de manera correcta, hay que seguir los pasos en su orden justo. A nadie en su sano juicio se le ocurre ir a hacer la compra e ir a esperar con el carro vacío en la cola de la caja. El Paso 3 no puede ir antes del Paso 2.

¿Qué se puede aprender del programa Bricomanía en relación a la docencia?

Sólo he visto el programa Bricomanía en contadas ocasiones. Aunque algunas chapucillas domésticas he llegado a hacer, definitivamente el bricolaje no es lo mio (supongo que si contara con el arsenal de herramientas que desinteresadamente le ceden algunas conocidas marcas al programa se me daría mejor).

Sin embargo, hay algo del programa Bricomania que me gusta mucho y es muy instructivo. Por si el lector no ha visto nunca el programa, indicaré que en cada programa se fabrica un cacharro diferente. El presentador va explicando poco a poco y con detalle cómo se van cortando, montando y pegando las diferentes partes para terminar con éxito el cacharro en cuestión. Al final de todo el proceso, y es ahí lo que resulta tremendamente instructivo del programa, se efectúa un resumen-síntesis del proceso seguido para la construcción.

Esto que se hace en el programa Bricomanía es precisamente algo que puede ayudar mucho al aprendizaje del alumno: primero la explicación de las distintas partes poco a poco y con detalle, indicando el nexo de unión entre cada una de ellas, y al final, es necesario sintetizar y dar una visión general de cómo se unen y relacionan todas las partes que se han explicado para el objetivo común de resolver un problema concreto.

Pondré un ejemplo en relación a la asignatura que imparto. Una síntesis de cómo se analiza un problema del movimiento plano de un sólido rígido podría citarse como:

1) Analizar la traslación (movimiento del centro de masas G) a través de las fuerzas externas que actúan sobre él. Para ello se utiliza la ecuación vectorial

$$\sum \vec{F}_{ext} = M\vec{a}_G$$

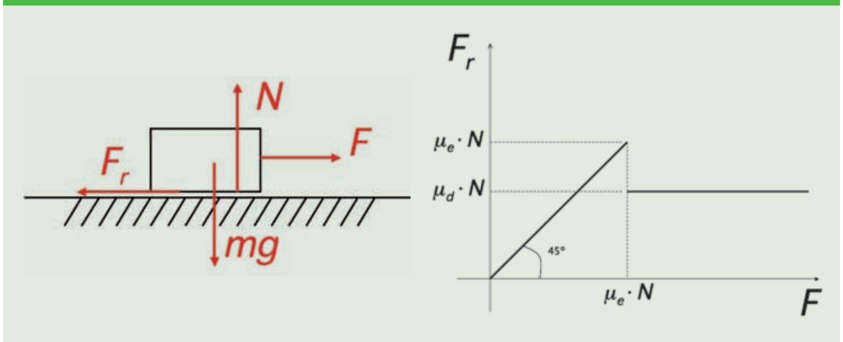
2) Analizar la rotación alrededor del centro de masas G a través de los momentos de las fuerzas externas que actúan sobre él. Para ello se utiliza la ecuación

$$\sum M_{extG} = I_G\ \alpha$$

3) Relacionar los movimientos de traslación y rotación (parte habitualmente más difícil).

Es evidente que antes de llegar a la síntesis propuesta, cada una de las partes se han explicado con detalle, analizando de donde salen las expresiones

Figura 2. Valor de la fuerza de rozamiento en función de la fuerza de tracción



que se usan, y sólo al final del todo, se presenta la síntesis que se usará para analizar cualquier problema nuevo que se presente.

Concluiré este apartado con el *briconsejo* que sintetiza lo dicho: es importante saber extraer y sintetizar (valga la redundancia) los conceptos y puntos importantes en todo lo que se hace, tanto en el aula como en la vida cotidiana.

¿Por qué un número double es análogo al rozamiento?

Para empezar a explicar los dos tipos de rozamiento, el estático y el dinámico, es pertinente empezar con el ejemplo más sencillo posible consistente en un bloque de masa *m* apoyado sobre un suelo horizontal fijo. Al aplicar una fuerza de tracción *F* sobre el bloque, se pueden dar dos situaciones:

- que la fuerza *F* sea inferior a la fuerza de rozamiento estático limite

$$Fr_e^{lim} = \mu_e N$$

En este caso, el bloque no se mueve, y el rozamiento es estático tomando el valor de la fuerza *F*: $F_r = F$

- Si la fuerza *F* supera el valor de rozamiento estático límite, el bloque comienza a moverse y el rozamiento pasa a ser dinámico con un valor fijo en función del coeficiente de rozamiento dinámico $F_r = \mu_d N$

Teniendo en cuenta que el coeficiente de rozamiento dinámico suele ser algo inferior al estático, es posible graficar el valor del rozamiento en función de la fuerza según se indica en la Figura 2.

En uno de mis primeros años de docente, un alumno me preguntó qué pasaba si la fuerza de tracción *F* era *exactamente* igual a la fuerza de rozamiento estático límite $\mu_d N$. ¿El rozamiento sería estático y valdría $F_r = \mu_e N$ o sería dinámico con valor $F_r = \mu_d N$? La pregunta estaba llena de sentido. ¿Las discontinuidades matemáticas producen discontinuidades físicas? Mi respuesta fue que la probabilidad de que la fuerza *F* fuera *exactamente* igual a la fuerza de rozamiento estático límite $\mu_e N$ es igual a la probabilidad de que uno se encuentre una pelota encima de una montaña tal como se dibuja en Figura 3, es decir, probabilidad nula. Basta con que sople una miaja de viento hacia la derecha para que la pelota se caiga hacia la derecha, o una pizca de viento hacia la izquierda para que caiga hacia la izquierda. En mecánica es lo que se conoce como equilibrio inestable. En el caso del rozamiento, basta con que la fuerza *F* fuera una pizca mayor que el rozamiento estático límite para que el bloque empezara a moverse y el rozamiento fuera dinámico. Si la fuerza fuera una pizca menor, el bloque estaría quieto y el rozamiento sería estático.

Sin embargo, además de ilustrar este razonamiento con el ejemplo de la pelota encima de la montaña en equilibrio inestable, me pareció conveniente ilustrar este punto con un error que todo programador novel comete alguna vez. He de decir que el error que estoy a punto de mencionar yo también lo cometí en mis tiempos de investigador novel (¡hay que ver cómo pasa el tiempo!), estando un día entero depurando un programa que no funcionaba y la lógica decía que tenía que funcionar. Utilizando el lenguaje de programación C como ilustración, si uno pretende comparar dentro de un programa si dos números reales (también llamados números en coma flotante) *doubles* de valor 5 son iguales, uno puede pensar en el siguiente código C:

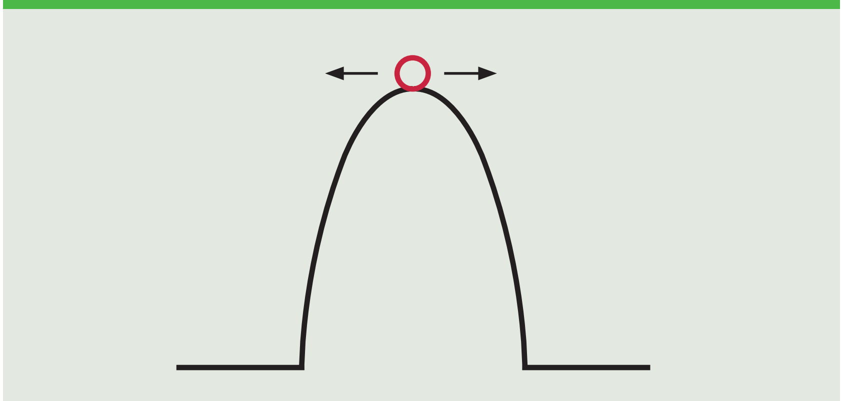
Todo parece indicar que el programa nos saludará adecuadamente cuando

```
double a, b;    /*definición de números reales*/

a=5;            /* asignación de valor 5 al número a*/
b=5;            /* asignación de valor 5 al número b*/

if (a == b) {       /* comparación de a con b*/
        printf( "Hola");         /* escritura en la pantalla si los dos números son iguales*/
}
```

Figura 3. Pelota encima de una montaña



lancemos su ejecución. Sin embargo, el desgraciado del programa no saluda ni en pintura. ¿Por qué? Pues porque *a* no valía 5, valía 4.999999999999999 y *b* tampoco valía 5, sino 5.000000000000001, con lo cual no eran iguales. Es decir, a era una miaja inferior a 5 y *b* una pizca superior a 5. Jamás de los jamases dos números *doubles* pueden ser exactamente iguales[1]. Lo mismo que en el ejemplo del rozamiento descrito, jamás de los jamases la fuerza de tracción puede ser exactamente igual al rozamiento estático límite, será una miaja superior o una miaja inferior. No se si por suerte o por desgracia, me inclino a pensar que por suerte, la ingeniería no es una ciencia exacta en el sentido exacto de la palabra.

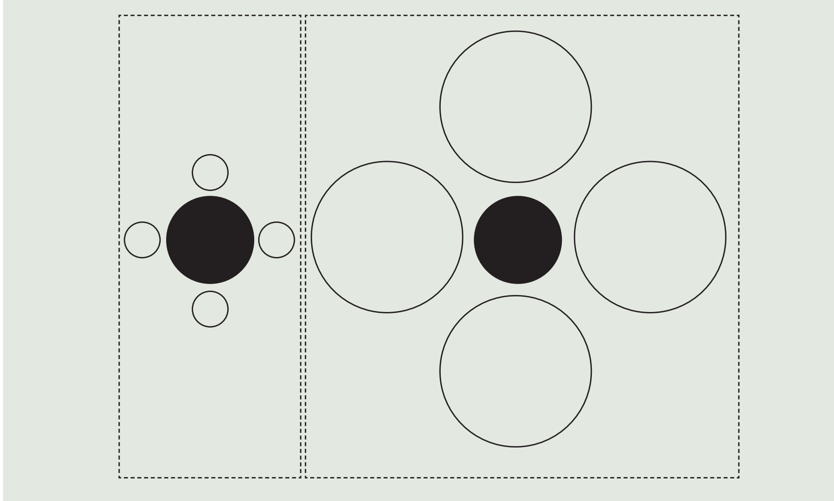
¿Por qué los ingenieros hablamos en porcentaje?

Todo el mundo opina que los ingenieros somos bichos raros (salvo los ingenieros, evidentemente). Es conocida nuestra habilidad para hacer chistes que sólo nos hacen gracia a nosotros, a ingenieros. Usando una palabra inglesa que se ha puesto de moda últimamente, *freaky,* cuya traducción al castellano es 'peculiar', pues sí, dicho sin intención de ofender los ingenieros somos *freakies,* en mayor o menor medida somos personas cuya formación nos ha hecho peculiares.

Una de nuestras peculiaridades es que nos gusta cuantificar, cuanto más mejor (valga la redundancia, cuantificando las veces que cuantificamos). Y además lo que realmente nos hace ilusión y nos motiva es cuantificar en porcentaje. Por ejemplo, no es adecuado decir que el salón mide 21.5 m^2. ¡Falso! Lo que realmente mide el salón es un 35% más que la cocina. ¿Cuánto te ha costado el frigorífico nuevo? Un 10% más barato de lo que te costó el tuyo. Y así indefinidamente en cualquier aspecto de la vida cotidiana.

¿Cómo explicar o justificar esta fijación obsesiva del ingeniero de medir todo en porcentaje? La mejor forma de mostrar intuitivamente por qué

Figura 4. Valor relativo de las cosas (tomado de 'Las trampas del deseo', Dan Arielly)



los valores absolutos no significan nada, y que la verdadera información la dan los valores relativos la encontré dentro del libro 'Las trampas del deseo' de Dan Arielly, libro sensacional cuya lectura recomiendo. En la Figura 4, si alguien nos pregunta si el círculo central es grande o pequeño, ¿qué respondemos? Pues si miramos el dibujo de la izquierda, diremos que es grande, y si miramos el de la derecha, diremos que es pequeño, cuando en realidad, los dos círculos son iguales. El círculo será grande o pequeño en comparación con lo que tenga a su lado. La mente humana está programada para comparar, y tomar decisiones en función del valor relativo de las cosas con respecto a las cosas circundantes. Es por eso que las magnitudes en porcentaje aportan mucha más información que las magnitudes en valor absoluto.

Teniendo en cuenta la programación de la mente humana para comparar en modo relativo, dentro de las recomendaciones útiles aportadas en el libro del Dan Arielly figura: "procure siempre que su pareja tenga algún herman@ cuya pareja tenga graves problemas de productividad; de esta manera usted saldrá siempre ganando en las inevitables comparaciones".

¿Por qué es similar el diseño del estudio al proceso de compra de un móvil y a un material ferromagnético?

Los medios ferromagnéticos son medios no lineales que se caracterizan por la curva de magnetización B-H. Supongamos una bobina arrollada sobre un material ferromagnético, tal y como se representa en la Figura 5. La curva B-H del material se obtiene representando gráficamente la intensidad magnética H y el campo magnético B obtenidos para los distintos valores de corriente de la bobina. La Figura 5 contiene la forma que tiene la curva B-H de los materiales ferromagnéticos. Se pueden distinguir tres regiones:

Para valores bajos de H, el material se comporta de forma aproximadamente lineal.

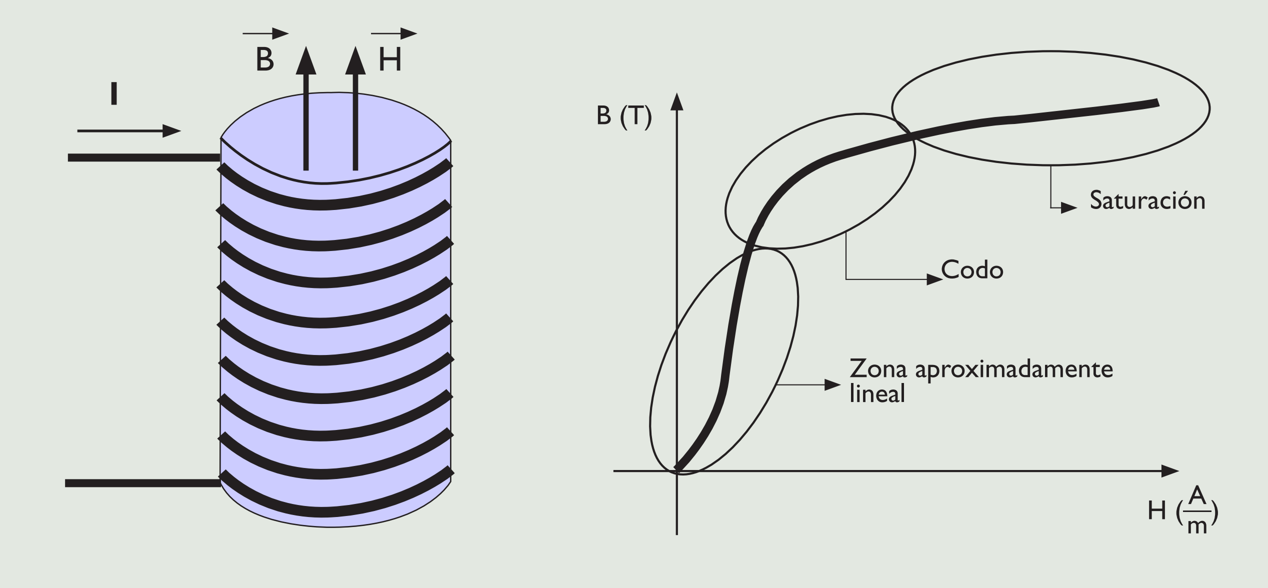
Para valores muy altos de H, el material se encuentra saturado: por mucho que se incremente la intensidad magnética H (incrementando la corriente I de la bobina), el valor de campo B apenas aumenta.

La zona situada entre la región lineal y la región de saturación se denomina codo de la curva B-H.

En las aplicaciones prácticas (transformadores, motores, etc.) los materiales ferromagnéticos se diseñan para

(1) Si el lector es un programador novel, tenga la bondad de aprovecharse de los errores ajenos y nunca comparar un número double de la manera comentada. La manera correcta de hacer dicha comparación es preguntar si el valor absoluto de la diferencia entre ambos valores es suficientemente pequeña, pongamos 10^{-10}. En lenguaje C sería algo así como *if(fabs(a-b) <* 10^{-10})*{*

Figura 5. Bobina de material ferromagnético y su curva B-H asociada

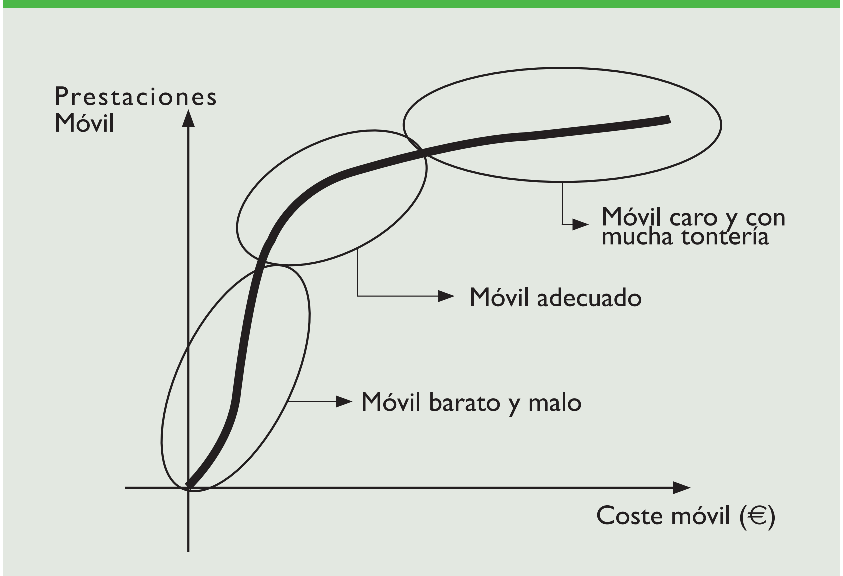


trabajar en el codo de la curva B-H, puesto que representan puntos en los cuales por un lado no conviene aumentar H dado que no se consigue un aumento elevado de B, y por otro lado tampoco conviene disminuir H puesto que en este supuesto el campo B disminuiría muy rápidamente.

Bien, pasemos del comportamiento del material ferromagnético a analizar distintos aspectos de la vida cotidiana. Por ejemplo, supongamos que queremos comprar un móvil nuevo. Desde mi punto de vista, un teléfono móvil sirve para llamar y recibir llamadas, por lo que las únicas características importantes que debe reunir es que tenga una buena agenda, que la batería le dure mucho tiempo sin recargarla, y que sea pequeño y manejable. Aspectos como que disponga de cámara de fotos integrada o que tenga tropecientos multitonos e imágenes los considero "tonterías" que no aportan nada a la función principal de un móvil, que sigue siendo llamar y recibir llamadas. Pues bien, cuando uno grafica colocando en el eje X el coste del móvil, y en el eje Y las prestaciones del móvil, resulta que sale una gráfica idéntica a la curva B-H de un material ferromagnético. Hay una zona lineal con unos móviles muy baratos, pero muy malos (agenda con 10 números, batería que dura menos de un día, tamaño inmanejable, etc.). A poco dinero más que me gaste, voy a conseguir un incremento de prestaciones sustancial. También hay una zona de saturación, donde el móvil trae hasta la última "pijada" que no aporta nada a la función principal del móvil y que hace al móvil tan fashion como caro. ¿Qué móvil me debo de comprar? Pues evidentemente uno que esté situado en la zona del codo, donde tenga unas prestaciones razonables (duración de la bateria, agenda, tamaño) y un precio razonable. El incremento de prestaciones de los móviles situados en la zona de saturación no compensan el incremento de precio que tienen.

¿Y qué decir del proceso de estudio de un alumno? Pues resulta que también responde a una curva similar, donde en el eje X colocamos el número de horas seguidas que un alumno estudia y en el eje Y el aprovechamiento que saca a su estudio (ver Figura 7). En la zona lineal, pongamos entre 0 y 2 horas, el alumno todavía está fresco y saca partido al

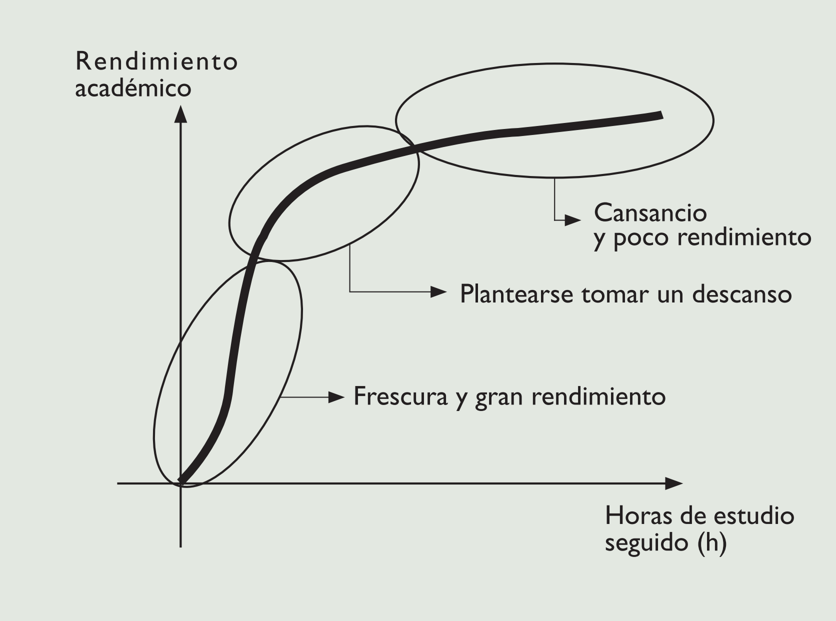
Figura 6: Proceso de elección en la compra de un teléfono móvil



estudio. Dejar de estudiar cuando uno lleva 1 hora de estudio es claramente desaprovechar el aumento de rendimiento que se sacaría estudiando más tiempo. Por otro lado, en la zona de saturación, pongamos entre 5 y 7 horas, el efecto es similar a darse cabezazos contra la pared. Uno está tan cansado, que por mucho que esté delante de un libro, no va a aumentar su rendimiento. ¿Dónde está el óptimo? Nuevamente en el codo, pongamos entre 2 y 5 horas. Cuando uno lleva 3 horas seguidas estudiando, lo mejor que puede hacer es descansar un tiempo, dándose un paseo, haciendo un poco de deporte, o con cualquier otra actividad que descanse la mente, para luego continuar estudiando otro rato más con gran aprovechamiento académico. Después de lo explicado, no es de extrañar que no estudiar al día y dejar el estudio para los últimos días antes de un examen suponga entrar directamente en el agujero negro de la zona de saturación de la curva, y conduzca inevitablemente al fracaso académico.

Me atrevería a decir que cualquier aspecto del ser humano y de la vida cotidiana tiene el mismo comportamiento no-lineal que presenta un material ferromagnético. La elección y el diseño correcto se encontrará siempre sobre el codo, con un adecuado compromiso entre coste (eje X) y beneficio (eje Y). Y es que, ¡hay que ver lo que se parecen muchos aspectos del ser humano y de la vida cotidiana a los aspectos técnicos que impartimos dentro de un aula!

Figura 7: Comportamiento del estudio de un alumno



¿Por qué las unidades y los órdenes de magnitud son importantes a la hora de seleccionar un trabajo?

¡Qué cruz tenemos los profesores con la unidades de las magnitudes físicas! Yo he de reconocer que soy especialmente vulnerable, y el ver una magnitud física sin unidad me produce un dolor de retina insorportable. ¿Por qué son tan importantes las unidades de las magnitudes? Desde mi punto de vista, las unidades son importantes por dos motivos. Por un lado, porque una magnitud sin unidad es un dato vacío, sin ningún sentido, un mero número que no aporta información. Por otro lado, el conocimiento de los órdenes de magnitud es un conocimiento muy útil a la hora de tomar decisiones. Pongamos un ejemplo de la vida cotidiana para mostrar estos dos aspectos. Consiste en una entrevista de trabajo.

Imaginemos que el candidato, después de haber convencido al empleador de su valía, le preguntara: ¿Cuánto voy a cobrar? Pues mire usted, va usted a cobrar 1000. ¿Cuál sería la respuesta del candidato? Pues posiblemente preguntara, ¿1000 qué?, ¿pesetas, euros, millones de $? Es más, ¿mensuales, anuales?, ¿brutos, netos? Una magnitud sin unidad es un mero número que no sirve para nada, no aporta ninguna información.

Pasemos ahora al tema de los órdenes de magnitud. ¿Por qué es importante tener órdenes de magnitud de las magnitudes con la que uno trabaja? Para un alumno, cobran importancia en un examen. Si se pide una velocidad de un tren, y se calcula un valor de 20000 m/s, seguro que hay alguna equivocación en los cálculos. No hay cosa que peor quede en un examen, que un alumno se quede tranquilo ante un resultado absurdo e imposible que no casa con los órdenes de magnitud que uno maneja. ¿Y los ordenes de magnitud de una entrevista de trabajo? Parece razonable que el orden de magnitud de lo que cobra un ingeniero nada más salir es un criterio más que autorizado en la toma de decisión de aceptar o rechazar un trabajo. En un trabajo que ofrezcan 10.000€ brutos anuales, la respuesta (a pesar de la crisis) probablemente sea: "por ese dinero búsquese a otro si lo encuentra que trabaje para usted". Y ante un sueldo de 60.000€ brutos anuales, es probable que la respuesta cambie a un: "no hace falta que me diga lo que debo de hacer. Simplemente indíqueme dónde he de firmar".

Conclusiones

Las preguntas que formulaba al comienzo del artículo, ¿han despertado su interés y han hecho que lea el artículo completo? Si ha llegado hasta este apartado de conclusiones, es de esperar que así sea. He pretendido hacer un artículo ameno en clave de humor que muestre como el uso de analogías y la formulación de preguntas extrañas puede ayudar a captar la atención y aumentar la motivación del alumnado. Espero que así lo haya percibido el lector. ∎