

## LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS PRÁCTICOS A LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

CABRERA, G. I.E.S. Pedro García Cabrera. San Sebastián de La Gomera. Grupo GITEP, Dpto de Didácticas Especiales, Centro Superior de Educación de la Universidad de La Laguna.

ELÓRTEGUI, N. I.E.S. César Manrique. Santa Cruz de Tenerife. Grupo GITEP, Dpto. de Didácticas Especiales, Centro Superior de Educación de la Universidad de La Laguna.

Palabras clave: Resolución de problemas. Trabajos prácticos.

La resolución de problemas ha estado ligada a la enseñanza de las ciencias desde hace varias décadas, hasta el punto de que se considera como una de sus tres partes esenciales, junto con el tratamiento de conocimientos teóricos y las prácticas de laboratorio (Valdés y Valdés, 1993). Sin embargo, sobre la resolución de problemas ha pesado siempre la 'losa del fracaso', aspecto que, junto a ese carácter esencial, condujo a una amplia serie de investigaciones sobre este tópico.

Estas investigaciones dieron como fruto numerosas aportaciones parciales que, desde el punto de vista del 'índice de fracaso', no parecían suponer mejoras considerables. Sin embargo, a partir de ellas se desarrollaron nuevos modelos (Gil y col., 1983, 1988, 1992; Furió, 1994, 1995; Calatayud, 1988; Lopes y Costa, 1996) que sí están demostrando un importante avance en cuanto a disminución del fracaso, aprendizajes significativos y actitud más positiva de los alumnos hacia la resolución de problemas y la ciencia.

¿Por qué estos nuevos modelos parecen tan efectivos frente a los más clásicos?

Para analizar esta cuestión, debemos revisar los conceptos de 'problema' y de 'resolución' y constatar cómo ha evolucionado lo que se ha entendido por los mismos, viendo cómo diferentes concepciones (a menudo muy distintas) conducen a modelos diferentes de enseñanza-aprendizaje.

Comencemos viendo qué se entiende por problema: una de las acepciones más extendidas dice que 'un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución, para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos

evidentes para obtenerla' (Gil, Dumas y otros, 1988) ni tan siquiera si existe (Garret, 1988).

A la luz de esta concepción de problema, podemos comprender cuán lejos están determinados 'problemas' de esta definición. Muchos enunciados clásicos de materias de ciencias, al exponer todos los datos necesarios para su resolución e indicar qué modelos matemáticos se deben utilizar, no son más que 'ejercicios' de reconocimiento del algoritmo ya utilizado por el profesor para resolverlo, o búsqueda de fórmulas en que sustituir todos los datos y despejar la incógnita.

Cuando se utilizan problemas del tipo: "¿chocará el tren con el obstáculo?" (Gil y Martínez-Torregrosa, 1988), se crean situaciones de aprendizaje completamente distintas, en las que el alumno debe llevar a cabo numerosos procesos además de ejercitación de la memoria, tales como acotación del problema, emisión de hipótesis, propuesta de posibles formas de resolverlo, etc.

Este tipo de problemas, conocidos como problemas abiertos, son situaciones de las que, en principio, no se sabe si hay una, ninguna o varias soluciones, y su posible respuesta puede ser buscada siguiendo los rasgos esenciales de la investigación científica.

### **La resolución no experimental y la resolución práctica en las situaciones problemáticas.**

Como hemos visto hasta aquí, el consenso de la conveniencia de utilización de resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias, y el reconocido fracaso de esta tarea por parte del alumno, condujeron a proponer nuevos modelos que partieron de una aclaración (o un no querer dejar implícito) ningún aspecto que afecte a la resolución. De los distintos modelos destaca el 'método de resolución de problemas como investigación' (Gil y otros, 1988, 1988, 1992, Furió y otros, 1994). Este modelo ha partido de la idea que resolver situaciones problemáticas (problemas de lápiz y papel) siguiendo aquellos rasgos esenciales del quehacer científico, produce mejoras del aprendizaje del alumnado. Esta idea, ha sido mostrada, en algunos aspectos (Ramírez y otros, 1994), pero además se ha intentado validar mostrando que está acorde con las disciplinas que estudian aspectos relacionados con la enseñanza-aprendizaje: responde a una visión aceptada de la forma de proceder en ciencias (se considera epistemológicamente correcta), integra los principales avances sobre teoría del aprendizaje, (aprendizaje significativo, explicitación de concepciones previas, etc.) y

tiene una valoración positiva de la metodología de trabajo en el aula por parte del profesorado.

Sin embargo se consideraba que la resolución de problemas de lápiz y papel incluía todos los aspectos esenciales del trabajo científico, relegando (aunque no se descartaba) un aspecto fundamental: el trabajo experimental. Llegados a este punto, hay que preguntarse: ¿puede la experimentación enriquecer aun más el aprendizaje de las ciencias? ; ¿puede aportar elementos propios distintos de los que ya aportan los problemas de lápiz y papel?

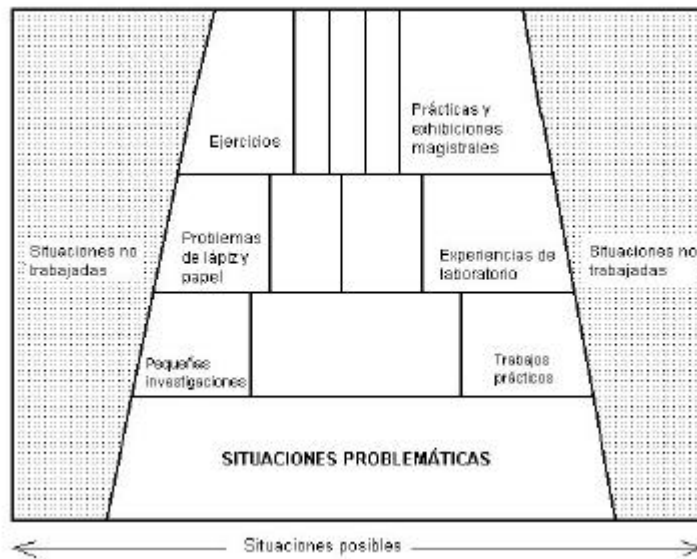
Se puede considerar que la respuesta es negativa, pero entonces ¿son innecesarios los objetivos que se le asignaban al trabajo práctico, tales como motivación, entrenamiento en técnicas de laboratorio, observación y proximidad a los fenómenos naturales, etc.?

Por contra, si la respuesta es positiva, tendremos que planteamos toda una serie de cuestiones referentes a la efectividad de las mismas. Primero, y como indican diversos autores (Miguens y Garret 1991, Barberá y Valdés, 1996), será necesario partir de una aclaración previa de los objetivos que se pretenden, y el tipo de trabajo práctico (de entre los diferentes existentes) que vamos a utilizar. A partir de aquí, se puede seguir un proceso análogo al de resolución de problemas de lápiz y papel que, partiendo de la explicitación del tipo de trabajo práctico, pase por el estudio de la posible idoneidad de un 'modelo de resolución de trabajos prácticos siguiendo un proceso investigativo y finalmente, se haga una validación del modelo.

De esta forma, el trabajo práctico se pone a la altura de los problemas de lápiz y papel para su uso como herramienta en la resolución de situaciones problemáticas, casi siempre ocupándose de aspectos complementarios.

Si examinamos las diferencias que existen entre las diversas concepciones sobre cómo debe ser la aplicación de los conocimientos teóricos, bien en el trabajo con lápiz y papel, bien en el trabajo experimental, encontraremos que esas diferencias se refieren a múltiples aspectos: planteamiento y enunciado, proceso de resolución, tareas que realiza el alumno/a, tareas del enseñante, destrezas intelectuales puestas en juego por quien resuelve, etc.

Para diferenciar teorías, trabajo experimental y trabajo no experimental, hemos agrupado ordenadamente las diferentes formas de poner en práctica el conocimiento científico, situando arriba las más cerradas y abajo las más abiertas y separando el trabajo de lápiz y papel de trabajo experimental, obteniendo un esquema como el que se muestra en la figura siguiente:



Una de las diferencias fundamentales, poco investigada hasta el momento, es el grado de separación que presentan entre trabajo no experimental y trabajo práctico. Así, en el caso de los ejercicios y prácticas, hay una clara separación entre ambas: responden a la idea de 'primero teoría, luego aplicación no experimental de la misma y, aparte, comprobación en el laboratorio'.

Sin embargo, a medida que nos acercamos hacia las situaciones problemáticas abiertas, pasamos a un nivel de mayor interrelación entre trabajo experimental y no experimental, de manera que construimos conceptos y aplicamos leyes y modelos al mismo tiempo que trabajamos en la práctica.

Al llegar al mayor nivel de convergencia, el proceso de resolución se guía por los conocimientos que el alumno tiene previamente o puede encontrar mediante investigación. Ésta podrá hacerse principalmente mediante búsquedas de información bibliográfica, por elaboración de modelos con trabajo de lápiz y papel y mediante trabajo práctico que aporte la información complementaria necesaria. De esta forma, la solución obtenida por el alumno es base para la construcción de nuevos conocimientos teóricos, aproximándose a una investigación realizada en un contexto científico.

<b>Problemas de lápiz y papel.</b>	<b>Problemas con trabajo práctico</b>
Ante la situación problemática, se imponen unas condiciones de ligadura que cierran el problema, inicialmente abierto.	Ante la situación problemática, se imponen unas condiciones de ligadura que cierran el problema, inicialmente abierto.
Selección de hipótesis, modelos y de variables a considerar	Selección de hipótesis, modelos y de variables a medir
Modelización cualitativa, con apoyo matemático.	Modelización cualitativa
Resolución bajo las condiciones límite	Diseño previo del alumno para contrastar con la práctica y corregir
	Realización del trabajo experimental
	Ordenamiento de datos y discriminación del error experimental.
	Modelización cuantitativa mediante técnicas matemáticas (métodos gráficos, métodos estadísticos, correlación, etc.)
Examen de los resultados y contraste el resultado con la lógica y el sentido común.	Examen de los resultados y contraste con la realidad
Aplicación del resultado en otros contextos	Aplicación del resultado en otros contextos

### **Diferencias y analogías entre la resolución de problemas de lápiz y papel y los trabajos prácticos llevados a cabo como investigación.**

Para ilustrar estas analogías y diferencias, mostramos el desarrollo de la resolución de un problema por ambos métodos realizado con alumnos de 4º de secundaria acerca de descomposición de fuerzas en estática (Anexo 1).

El proceso de resolución comienza con el planteamiento de una situación problemática abierta (en nuestro ejemplo: '¿cómo hay que colgar una hamaca?') que puede ser resuelta tanto como un problema de lápiz y papel, como con un trabajo práctico (recordemos que una de las características fundamentales de la situación problemática abierta es que, en principio, no se conocen medios para obtener la

solución). Ante la situación, se impone acotar y concretar la misma, es decir, empezar por decidir si se podrá resolver o no, en función de los conocimientos que se posean y se intuya que pueden ayudar. Se establecen diferentes hipótesis, se modeliza la situación y se eligen las variables que afectan al problema. En este último paso, es donde comienza la separación entre el problema de lápiz y papel (se plantean qué variables influyen) y el trabajo práctico (además, qué variables se pueden medir); también la modelización presenta algunas diferencias: mientras en el problema de lápiz y papel la modelización es matemática y conduce a una solución teórica, en el trabajo experimental aparecen modelos conceptuales y valoraciones cualitativas que determinan el diseño experimental y toda una serie de tareas específicas de esta forma de trabajo: diseño, realización, discriminación del error experimental y, frecuentemente, tratamiento de datos mediante representaciones gráficas. Únicamente al llegar a este punto, los datos pueden convertirse en funciones matemáticas, a diferencia de lo que ocurría con los problemas de lápiz y papel.

Otra de las diferencias fundamentales de ambas formas de proceder es la contrastación de los resultados obtenidos, del modelo construido: en los problemas de lápiz y papel es con la lógica y el sentido común (dado que no se han tomado datos experimentales) y en los trabajos prácticos, con la realidad, con el hecho experimental y con las mediciones obtenidas.

### **Modelo de desarrollo en el aula**

Hasta aquí hemos justificado la incorporación del trabajo práctico a la resolución de situaciones problemáticas. Para llevarlo a la práctica, proponemos un modelo de desarrollo en el aula:

#### 1.- Planteamiento de la situación

Presentar a los alumnos situaciones problemáticas que capten su interés y les motiven ante el arduo proceso de resolución. Parece evidente que plantear en el aula '¿cómo hay que colgar una hamaca?', puede ser más sorprendente y motivante que los siguientes enunciados:

- Se cuelga un peso de 980 N en el punto medio de una hamaca cuyas cuerdas están atadas a dos árboles formando un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal. Si cada una de las cuerdas resiste una tensión de 300 N, ¿resistirá la hamaca?
- Una masa de 98 kg cuelga de dos cuerdas que forman  $30^\circ$  con la horizontal. Calcular la tensión de las cuerdas.

Uno de los aspectos que se debe tener en cuenta es en qué punto del proceso de enseñanza-aprendizaje se introduce la resolución. Desde luego, estas situaciones, son idóneas de cara construir conocimientos, a arrojar luz sobre lo que se estudia, y, por tanto, deben quedar insertadas en el proceso en profunda interrelación práctica-teoría; recordemos que usarlas como aplicación posterior y de aclaración de la teoría conlleva bastantes aspectos ineficaces que se han detectado en la resolución de 'ejercicios' y realización de 'prácticas'.

2.- Acotación que lleve a varias situaciones experimentales realizables.

Al proponer una situación abierta, es preciso, de cara a poder abordada con éxito, realizar una acotación de la misma, sin la cual no es posible continuar la resolución. Al igual que ocurre en cualquier investigación científica, muchas veces los problemas son tan complejos que no se pueden abordar como un todo, por lo que se reducen y descomponen hasta un punto en que dispongamos de las herramientas y condiciones necesarias para llevar a cabo con éxito la resolución.

En el trabajo experimental dicha acotación se debe y puede traducir en diferentes condiciones experimentales. Esta traducción debe ser llevada a cabo por los alumnos, favoreciendo de esta forma el desarrollo de su 'pensamiento divergente'.

3.- Diseño experimental con emisión de hipótesis sobre los resultados y sus consecuencias.

Una vez escogida una de esas situaciones, se impone plantearse las posibles soluciones que puede tener, (la respuesta podría ser ...), es decir, construir hipótesis sobre los resultados, estudiar las consecuencias que tendrían y construir posibles diseños experimentales que nos muestren su verificación.

La elección de uno u otro de esos diseños por parte del alumnado, en función de múltiples factores (material, plausibilidad, intuición, etc.), es también reflejo del trabajo científico, al igual que apuntábamos en el punto anterior y, además, supone un entrenamiento en enfrentarse a aspectos de la vida diaria (balance de posibilidades, toma de decisiones, etc.); recordemos que uno de los fines tradicionalmente asociados a la resolución de problemas ha sido el que éstos deberían ser un entrenamiento de lo que el alumno/a va a realizar en su vida diaria y, por tanto, debe transferir a la misma.

La elección del diseño experimental conduce a múltiples tareas propias de un trabajo práctico, como son la elección de variables que medir, los instrumentos de medida, elaboración de elementos de recogida de datos, etc.

Un aspecto que merece ser destacado aquí es que, al realizar una emisión previa de hipótesis, conseguimos alejarnos de una visión demasiado positivista de la

ciencia (aspecto que varios autores consideran como responsable del fracaso en el aprendizaje por descubrimiento (Barrón, 1993; Gil, 1993). y nos acercamos a las tendencias más aceptadas de la epistemología científica.

#### 4.- Puesta en práctica del trabajo y separación del error experimental

Una vez que ya todo está planeado, se lleva a cabo el experimento, obteniendo los resultados y analizando y corrigiendo los errores de éstos.

Queremos poner de manifiesto aquí hasta qué punto la resolución de un trabajo práctico como investigación se aleja de la práctica tradicional. Este cuarto punto corresponde con lo que suponía esa práctica, pero ahora, y debido a que este trabajo es posterior a una planificación, elección, acotación, etc., por parte del alumno, toma completo significado para el mismo. Pero este enriquecimiento no acaba aquí, veremos que más aporta.

#### 5.- Modelización matemática, si la hubiera.

Al mostrar las diferencias que existen entre la resolución de problemas de lápiz y papel y los trabajos prácticos, apuntábamos que en el primer caso, y como paso previo a la propia resolución, se realizaba una modelización matemática de la misma (en el ejemplo descrito en el anexo 1, 'se supone que la hamaca cuelga sin formar una curva, sino dos rectas que se encuentran en el punto en que cuelga el peso. Se representa el sistema de fuerzas mediante vectores'). Sin embargo, en el trabajo práctico la modelización matemática es un aspecto bastante posterior que, de darse, estaría en función de los resultados obtenidos. Esta modelización sería plenamente significativa para el alumno (en tanto que parte del proceso diseñado y llevado a cabo por él). Al mismo tiempo, no podemos cerrar los ojos al hecho de que los alumnos rechazan muchas tareas al aparecer tratamientos matemáticos, especialmente en los niveles menos avanzados del sistema educativo. De esta forma, lo que en el problema de lápiz y papel puede ser un obstáculo que provoque una actitud negativa del alumno hacia la resolución, en el trabajo práctico sería una consecuencia, totalmente significativa, del propio trabajo realizado.

#### 6.- Contrastación de las hipótesis iniciales, cruce de información de varios experimentos y generalización.

Este es el momento en que el alumno descubre si sus hipótesis eran correctas. Probablemente, si éstas se verifican, tenderá a hacer generalizaciones rápidas sobre las mismas. Sin embargo, debemos poner gran énfasis en no dejar que los alumnos adquieran una imagen irreal de la Ciencia, en la que un único experimento sea suficiente para generalizar. En esta línea, es esencial un cruce de información que



nos dé pistas sobre la certeza o no de los resultados obtenidos y, en cualquier caso, siempre hacer ver al alumno/a que debe poner en duda esas generalizaciones.

#### 7.- Evaluación de la resolución.

Debe hacerse aquí una valoración de los resultados obtenidos, contrastándolos con la experiencia, los modelos y la teoría que, como consecuencia del proceso de investigación, se haya asociado a la situación estudiada.

Un aspecto muy interesante es que se analicen las nuevas interrogantes que se abren a partir del punto alcanzado en la búsqueda de la solución, haciendo ver cómo el trabajo sobre la solución de un problema raramente se cierra y suele abrir más interrogantes que las que soluciona.

Otra tarea muy interesante es que el alumno proponga en qué otros contextos son aplicables los resultados obtenidos, así como las implicaciones que tienen los resultados.

#### **Investigaciones pendientes.**

Se han mostrado numerosas ventajas en los resultados obtenidos siguiendo un proceso de resolución de problemas de lápiz y papel como investigación (Ramírez 1994). ¿Podríamos suponer que el trabajo práctico de lugar a resultados similares, puesto que, entendido como investigación, posee todas las características esenciales de los anteriores? (disminución del fracaso, actitud positiva del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias, aprendizaje significativo, etc.).

Estos resultados están por evaluar. Y deben compaginarse con los numerosos trabajos que a lo largo de las últimas décadas han asignado resultados positivos a las distintas modalidades de trabajo práctico. Además hay autores que no han visto ninguna ventaja de cara al aprendizaje en los trabajos prácticos (Miguens y Garret, 1991).

Esa falta de consenso sobre el valor pedagógico de los trabajos prácticos suele ser achacada a que no haya una formulación clara y previa de los objetivos que se persiguen con dichos trabajos y al uso de métodos y instrumentos inadecuados para obtener información real de esos posibles resultados positivos.

Queda, por tanto, un trabajo de evaluación de resultados y de investigación sobre cómo evaluar correctamente dichos resultados.

Además, la puesta en práctica de esta forma de trabajo muestra algunas situaciones para las que, de momento, no hay una respuesta clara:

¿Qué hacer cuando los alumnos abordan los problemas con metodologías alternativas al método científico? (prueba y error, métodos empíricos por aproximaciones sucesivas, métodos heurísticos, etc.).

¿Hasta dónde permitir que un estudio bibliográfico extenso previo pueda aportar soluciones que terminen evitando el trabajo experimental?

¿Cómo reaccionar ante un diseño experimental erróneo?

¿Cómo determinar el beneficio didáctico de un experimento fallido causa de su diseño?

¿Qué ideas previas o dificultades conceptuales se esconden tras un diseño erróneo?

En problema didáctico que estudia la puesta en práctica en el aula de la enseñanza mediante la resolución de problemas, todavía tenemos más preguntas que respuestas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- BARBERA, O. y VALDÉS, P. (1996): "El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión". Enseñanza de las Ciencias, 14(3), 365-379.
- BARRON RUIZ, A. (1993). "Aprendizaje por Descubrimiento: Principios y Aplicaciones Inadecuadas". Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas. 11(1), 3-11.
- CABALLER, MJ; GIMÉNEZ, I y MADRID, A. (1995). "La enseñanza de la Biología y la Resolución de Problemas". Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales. 5, 53-58.
- CALATAYUD, L; CARBONELL, F.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C. y GIL, D. (1988): "La construcción de las Ciencias Físico-Químicas" Anexo sobre la resolución de problemas como investigación. NAU Llibres.
- CARRASCOSA, J. (1995): "Trabajos Prácticos de Física y Química como Problemas". Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 5, 67-76.
- FURIÓ, C.; ., ITURBE, J. y REYES, J.V. (1994). Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias. Investigación en la Escuela 24, 89-99.

- FURIÓ, C., ITURBE, J. y REYES, J.V. (1995); "¿Cuánto contaminará una central térmica que funciona con fuel?". Un ejemplo de resolución de problemas como investigación". *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 27-36.
- GARRET, R. M. (1988): "Resolución de Problemas y Creatividad: Implicaciones para el Currículo de Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 6 (3), 224-230
- GARRET, RM. (1995): "Resolver Problemas en la Enseñanza de las Ciencias". *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 5, 6-15
- GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1983): "A model for problem-solving in accordance with scientific methodology". *European Journal of Science Education*, vol.5, nº 4, 447-455.
- GIL PÉREZ, D.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; SENET PEREZ, E. (1988); "El fracaso en la Resolución de Problemas de Física: Una Investigación Orientada por Nuevos Supuestos". *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 131-146.
- GIL, D.; DUMAS, A.; CAILLOT, M.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y RAMÍREZ, L. (1988): "La Resolución de Problemas de Lápiz y Papel como Actividad de Investigación". *Investigación en la Escuela*, 6, 3-19
- GIL, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA. J.; RAMÍREZ, L.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFARD, M.; PESSOA DE CARVALHO, A. (1992): "La Didáctica de la Resolución de Problemas en Cuestión: Elaboración de un Modelo Alternativo". *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 6, 73-85.
- LOPES, B.; COSTA N. (1996): "Modelo de Enseñanza-Aprendizaje Centrado en la Resolución de Problemas; Fundamentación, Presentación e Implicaciones Educativas". *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 45-61.
- MIGUENS, M.; GARRET, R.M. (1991): "Prácticas en la Enseñanza de las Ciencias. Problemas y Posibilidades". *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3): 229-236.
- RAMÍREZ, J.L.; GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1994). "La resolución de problemas de física y de química como investigación". *CIDE (MEC)*.
- VALDÉS CASTRO, P.; y VALDÉS CASTRO, R. (1993). "Problemas Experimentales de Física", *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 7, 91-100

## Anexo 1

### ¿Cómo hay que colgar una hamaca?

<p>Condiciones iniciales del problema y cuestiones previas</p> <p>Vamos a colgar la hamaca entre dos árboles          Suponemos un peso cercano al necesario para la rotura de las cuerdas.          Los árboles aguantan las fuerzas sin reflexionar apreciablemente.          El sistema es estático, no consideramos el momento de subirse a la hamaca.</p> <p>La rotura de las cuerdas, ¿depende sólo del peso que soporte?          ¿Cómo afecta el ángulo que forman las cuerdas con los árboles?          ¿Afecta a que el peso no se sitúe en el centro?</p>	
Trabajo no experimental	Trabajo experimental
<p>Selección de variables</p> <p>- Variables independientes          Ángulo de las cuerdas.          Peso colgado.          Posición del peso.</p> <p>- Variable dependiente          Fuerza sobre las cuerdas</p>	<p>Selección de variables</p> <p>- Variables medibles          Ángulo de las cuerdas.          Masa colgada.          Fuerzas sobre las cuerdas          Posición y distribución de la masa.</p>
<p>Modelización con matemáticas</p> <p>Suponemos que la hamaca colgada no forma una curva, sino dos rectas que se encuentran en el punto en que cuelga el peso.</p> <p>Sistema de fuerzas representado mediante vectores.</p>	<p>Modelización con cualitativa</p> <p>Sistema de cuerdas colgadas por los extremos y masas situadas entre los extremos.</p> <p>Soportes verticales fijos a los que se sujetan las cuerdas</p>
<p>Resolución bajo el modelo y condiciones límite adoptadas</p> <p>- Descomposición de vectores fuerza verticales a lo largo de líneas oblicuas para diferentes ángulos.          - Comparación de las componentes vectoriales obtenidas.</p>	<p>Diseño experimental</p> <p>Diseño 1) Cuerda entre dos dinamómetros unidos a soportes con masas colgadas de la cuerda. Variación de los ángulos cambiando la longitud de la cuerda o la separación entre los soportes.</p> <p>Diseño 2) Botella colgada entre dos hilos se va llenando hasta que el hilo se rompe. Repetición para varios ángulos.</p> <p>Diseño 3) Pañuelo en el papel de hamaca y bolsa de sal a modo de cuerpo. Con dinamómetros sujetos al soporte como en el diseño 1, permite ver el efecto de una distribución no puntual del peso.</p>
	<p>Realización del trabajo experimental y toma de datos.</p>

	<p>Ordemaniento de los datos y discriminación del error experimental</p> <p>Se debe cuidar que los dinamómetros queden alineados con las cuerdas y evitar posiciones forzadas con rozamientos que alteran las mediciones.</p> <p>En el diseño 2, es preferible medir el agua que echamos con una probeta que medir el agua de la botella a posteriori.</p>
	<p>Modelización cuantitativa</p> <p>Representación gráfica de la fuerza medida por los dinamómetros frente al ángulo de las cuerdas. En el diseño 2, peso de agua al romperse el hilo frente al ángulo de las cuerdas.</p>
<p>Examen de los resultados</p> <p>La variación de las fuerzas con el ángulo no es lineal. Pequeñas variaciones cuando la hamaca está casi horizontal dan grandes variaciones de las fuerzas.</p> <p>La geometría cuenta tanto como los pesos que cuelgan en sí.</p> <p>Si la hamaca estuviera perfectamente horizontal no aguantaría ni su propio peso.</p> <p>Sólo ligeras flexiones (imperceptibles a simple vista) permiten que una viga horizontal aguante pesos (ley de Hooke).</p>	<p>Examen de los resultados</p> <p>La variación de las fuerzas con el ángulo no es lineal. Pequeñas variaciones cuando la hamaca está casi horizontal dan grandes variaciones de las fuerzas.</p> <p>La hamaca nunca queda perfectamente horizontal.</p> <p>Cuando las masas se distribuyen por toda hamaca, las cuerdas que eran más verticales y aguantan mejor. Es mejor tumbarse que sentarse.</p> <p>Como más aguanta la hamaca es cuando se cuelgan ambos extremos de un solo punto (pero es bastante incómodo)</p>
<p>Aplicación en otros contextos</p> <p>Al colgar una manta mojada para que se seque, es mejor destensar las cuerdas.</p> <p>Los puentes de cuerda para cruzar barrancos deben estar destensados. Lo mismo para caminar por la cuerda floja en el circo.</p> <p>Los puentes deben ser ligeramente elásticos, aunque sean de hormigón, para aguantar más peso.</p>	