

CONSTRUCCIÓN DE UN CUESTIONARIO SOBRE OPERADORES MECÁNICOS

Marín Martínez, Nicolás
Universidad de Almería
Luis Manuel Segura García
Colegio Virgen del Mar. Almería

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de investigación en este trabajo será el contenido "*Operadores mecánicos*", el cual supone una propuesta relativamente novedosa en la enseñanza del Medio Natural para Primaria en la LOGSE. Algunas de las razones por las que se ha elegido son:

- El contenido es importante en la medida que permite al alumnado de Primaria una mejor adaptación al entorno cotidiano en el que se desenvuelve. Dicho medio está lleno de operadores mecánicos (cerradura, abrelatas, tijeras, etc), eléctricos (enchufe, interruptor, secador, etc), térmicos (horno, calentador, termo, etc) y electrónicos (TV, ordenador, mando, etc).
- Su vinculación con construcciones sencillas de máquinas simples y aparatos, material didáctico y lúdico, hace que el contenido se encuentre en la línea de potenciar la **educación tecnológica** tal y como sugiere la LOGSE, distintos proyectos curriculares (Unesco, 1982; SCIIS, 1985) y las tendencias de enseñanza de las Ciencias sugeridas en CTS (Solbes y Vilches, 1992; Acevedo, 1996; Membiela, 1997).
- Su componente procesual ("*saber hacer*") es muy importante, ya que permite desarrollar en el alumno su pensamiento lógico, llenando de significado muchos algoritmos matemáticos y lógicos (función lineal, proporciones, transformaciones matemáticas, etc), que sin este tipo de soporte físico es más difícil o casi imposible de adquirir. Por otro lado, permite el desarrollo del pensamiento hipotético-deductivo del discente ya que el objetivo de construir un operador "que funcione" le lleva a

reglajes cognoscitivos que lo encaminan en esta dirección (Inhelder y Piaget, 1972).

El concepto de "*operador mecánico*" que se contempla en la enseñanza del Medio Natural de Primaria es mucho más amplio y recoge mejor la realidad natural cotidiana del alumno que el viejo contenido que sustituye: "*máquinas simples*" que invariablemente se solía reducir al estudio de la palanca y sus tres géneros. En efecto, existen un gran número de operadores: eléctricos, electrónicos, térmicos, luminosos, etc.

En este trabajo centramos nuestro estudio en la *construcción de un cuestionario para delimitar el conocimiento inicial que los alumnos tienen sobre los operadores mecánicos*, considerando como tales los objetos, piezas o combinación de éstos que al aplicarles de forma adecuada una fuerza mecánica la transforman en alguno de sus atributos. Este diseño se apoya, por un lado, en el estudio lógico del contenido y, por otro, en la aplicación de un cuestionario previo a fin de tener una primera toma de contacto con las concepciones del alumnado y acomodar el cuestionario definitivo a éstas.

2. TIPOS DE OPERADORES: UN ESTUDIO DEL CONTENIDO

Un paso previo para construir un cuestionario que determine el conocimiento del alumno sobre los operadores mecánicos, es establecer criterios para realizar un estudio sistemático de los tipos de operadores existentes; se intenta con esto conocer por nuestra parte, con cierta profundidad y extensión, todos los elementos que pertenecen al conjunto de los "operadores mecánicos", así como las diversas transformaciones posibles que pueden realizar sobre una fuerza mecánica.

Lo anterior también es válido para explicitar el conocimiento que tenemos sobre operadores, conscientes de que el proceso de delimitar las concepciones del alumno supone una interacción entre el conocimiento de los constructores del cuestionario y de los que lo responden (Marín, 1998).

El conjunto de operadores que serán objeto de estudio se ha reducido a las "*piezas sólidas que pueden transformar la fuerza mecánica*"; en un inicio del estudio se encontraron 15 transformaciones posibles que se corresponden con todas las combinaciones posibles de los cuatro atributos que definen a la fuerza que se aplica sobre el operador: punto de aplicación, intensidad, dirección y sentido.

La progresión del estudio de los operadores sirvió para percibir que la mayoría suponían la rotación de una o dos piezas unidas en el punto de giro (pinzas, tijeras, alicates, palancas, etc), o dicho de otro modo, lo que transforman

la mayoría de los operadores son momentos de la fuerza y no la fuerza misma. Consecuentemente, fue añadido un nuevo criterio al considerar el tipo de movimiento transformado entre la entrada (E) y la salida (S), el cual podía ser de traslación o de rotación; ésto aportó 4 posibilidades E-S sobre las anteriores combinaciones, con lo que se obtenía un total de 60 posibilidades lógicas de transformación.

Un número tan alto de tipos de transformación no es nada práctico para diseñar un cuestionario y exige una reducción, la cual es posible si se cambian los criterios o si se aprecian que algunas transformaciones lógicas no son posibles físicamente y tampoco en el caso de existir relaciones de covarianza o de relación causal entre factores. Se optó por esta última solución y así se pudo apreciar que:

- Un operador mecánico no puede ser puntual, requiere una extensión para que se produzca una transformación. Por tanto, no puede existir cambios en la intensidad si no hay también cambios en el punto de aplicación.
- El atributo "punto de aplicación" debe tomarse en un sentido amplio (también como cambio en el área de aplicación entre E y S) para dar cabida a operadores tan importantes como la púa, el punzón o el cuchillo.
- Si hay cambio de dirección también lo hay de sentido. Lo contrario no es cierto.
- La dirección y sentido de una sola fuerza de entrada coincide con el movimiento de entrada. La dirección y sentido de la fuerza de salida coincide con el movimiento de salida.
- Para que un operador actúe como tal, es decir, transforme la fuerza de entrada, debe aplicarse sobre algún objeto o pieza material. La misma acción "en el aire" no transforma nada.

























La aplicación de las restricciones a las 60 posibilidades iniciales limitan éstas a sólo 24 transformaciones posibles, las cuales se han estructurado en la tabla 1.

Respecto a las agrupaciones de operadores realizadas en la tabla habría que resaltar lo siguiente:

- En las transformaciones traslación-traslación hay algunos grupos de operadores que merece la pena ser considerados en el cuestionario dado que tienen una notable incidencia en el ámbito cotidiano: los operadores sin cambio de intensidad pero con cambio del área de aplicación de la fuerza mecánica (punzón, púa, cuchillo, cúter, etc) y los que cambian la intensidad (combinación de poleas, cuña, plano inclinado, etc); este último grupo con menor incidencia.
- El tipo de operador con más presencia en el entorno cotidiano es rotación-rotación con cambio en la intensidad. Ejemplos de éste operador son: palanca, pinzas, tijeras, abrelatas, llave inglesa, martillo, destornillador, etc. Es plausible pensar que dichos operadores son los que con más frecuencia interacciona el alumnado.
- Por el contrario, existen otros operadores con transformaciones lógicas definidas por rotación-traslación o viceversa, sin cambios en la intensidad que no tienen uso en situaciones cotidianas (ver tabla 1). Ahora bien, habría que destacar por su incidencia en el ámbito cotidiano los operadores con cambio de intensidad (sacacorchos, rueda, carreta, tornos y émbolos).

En definitiva, el trabajo de clasificar operadores aporta una sistemática útil para construir el cuestionario, a la vez que explícita el conocimiento de los investigadores sobre este tema.

Tabla 1: tipos de operadores

Traslación-Traslación		Rotación-Traslación	
Aplicación	Intensidad	Aplicación	Intensidad
$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 		$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 	
$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 		$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 	
$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 		$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 	
Traslación-Rotación		Rotación-Rotación	
Aplicación	Intensidad	Aplicación	Intensidad
$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 		$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 	
$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 		$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 	
$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 		$\Rightarrow D$ $\Rightarrow S$ 	

3. UNA PRIMERA APROXIMACIÓN AL CONOCIMIENTO DEL ALUMNADO SOBRE LOS OPERADORES

El nivel de conocimientos usado para realizar la anterior clasificación de operadores puede estar más cerca o más lejos del que posee el alumnado sobre el tema; el único modo de conocer la "distancia" entre ambos conocimientos es realizando un primer sondeo.

Un modo de acercarnos al conocimiento del alumnado sobre operadores es realizando una revisión bibliográfica; desgraciadamente, hasta donde se ha revisado, no se ha encontrado en la bibliografía ningún trabajo sobre concepciones en operadores, al menos en los 20 últimos años, lo que nos obliga a realizar la aproximación al conocimiento del alumno casi desde cero.

Sobre una muestra de primaria de 41 alumnos se ha pasado un cuestionario dividido en cuatro tareas:

Tarea 1: Trata de hacer la primera aproximación al conocimiento del alumnado sobre operadores, intentando discernir la necesidad de un operador para solucionar un problema cotidiano y en qué medida éste facilita la tarea.

Tarea 2: Trata de diferenciar entre la acción de la mano y la del operador ante una diversidad de situaciones.

Tarea 3: Evalúa la adecuación de los operadores para resolver algunas actividades más o menos cotidianas.

Tarea 4: Trata de discriminar las situaciones con operadores que facilitan la actividad de aquellas que no lo hacen.

En el anexo I se expone dicho cuestionario. Una vez que se administró y agrupados los datos, se realiza el análisis de éstos:

La pregunta 1a versa sobre la necesidad de herramientas para realizar diversas actividades. Cuando éstas son sencillas, como "clavar una púa" o "abrir una lata de atún" toda la muestra sabe que es necesario usar una herramienta, ahora bien, esta claridad de ideas se dispensan para "abrir una botella de agua" donde 16 alumnos opinan que se requiere una herramienta y aún más para las acciones de "correr" y "escribir" donde 17 y 36 respectivamente ven la necesidad de herramientas. Puede que en "escribir" consideren que el lápiz o el bolígrafo son las herramientas, lo que sería una equivocación conceptual, pero no así "correr".

En la pregunta 1b, complementaria a la anterior, se pide valorar la mayor facilidad o dificultad de usar cada herramienta en una determinada actividad. Nuevamente encontramos que para actividades sencillas valoran bien, así es fácil usar una goma para borrar (39), encender la luz con un interruptor (37) o recortar un dibujo con las tijeras (38) y más difícil descorchar una botella con un martillo (28; 7 no lo saben) o clavar una púa con una rueda (25; 8 no lo saben). Sin embargo en otros casos hay confusión (ver tabla 2).

Tabla 2

	Fácil	Regular	Difícil	No saben
Partir un bolígrafo con un cúter	17	11	11	2
Sacar una púa con un cortaúñas	6	6	17	12
Lijar madera con destornillador	6	3	25	6
Atornillar con llave inglesa	11	7	18	5

Así pues, con los datos de 1a y 1b se puede decir que, ante interacciones de actividades de cierta envergadura con herramientas, las previsiones o valoraciones son difusas.

En la *cuestión 2a* se intenta ponderar la capacidad del alumnado de discriminar entre el uso de la mano y la herramienta para abordar con éxito un problema, nuevamente encontramos situaciones donde parece tenerlo claro (ver tabla 3).

Tabla 3

	Mejor con una herramienta	Mejor con la mano	No lo saben
Sacar un tornillo	38	2	0
Abrir botella de agua	1	37	0
Abrir una nuez	34	4	0

Mientras en otras situaciones, se percibe que aumenta la confusión (ver tabla 4).

Tabla 4

	Mejor con una herramienta	Mejor con la mano	No lo saben
Abrir cartón de zumo	7	34	0
Leer un libro	15	19	5

La *cuestión 3a* ofrece manifestaciones del conocimiento de los alumnos sobre operadores ricas en detalles: sólo cuatro situaciones problemáticas son seleccionadas usando la herramienta adecuada: cortar un alambre (37 toman los alicates), sacar un tornillo (31 lo hacen con destornillador), alisar un papel (con rodillo, 37) y cortar pan (que 38 usan el cuchillo), en las demás situaciones se hacen propuestas que denotan una comprensión del funcionamiento de los operadores que no siendo la más adecuada, tampoco es incorrecta; a destacar las siguientes combinaciones:

Para coger la pila-botón proponen la mano (17) y las pinzas (21), para mover una piedra pesada proponen usar palancas (11), una polea (19) o un torno (6), para hacer un agujero en la pared se requiere una chincheta (7), un martillo (3), un sacacorchos (3) o un taladro (27), etc.

La *cuestión 4a* supone un acercamiento al conocimiento del alumno sobre los cambios de intensidad en los operadores; los resultados aunque sencillos, son muy concluyentes: muestran la necesidad de seguir indagando en esta dirección en sucesivos trabajos ya que ante la sencillez de las situaciones presentadas los alumnos sólo parece dominar los cambios de intensidad en la palanca (sólo un 7% de errores), no así para operadores donde intervienen engranajes, poleas y destornilladores donde los errores son iguales y superiores al 50%.

4. COMENTARIO SOBRE DIRECCIONES DE TRABAJO EN EL FUTURO CUESTIONARIO

Los resultados que arroja el cuestionario previo y el estudio de los tipos de operadores nos marcan diferentes direcciones para desarrollar el cuestionario definitivo.

En primer lugar se aprecia que los operadores es una temática de investigación realmente compleja ya que, por un lado, el conocimiento sobre los operadores se aparta de los contenidos académicos que usualmente han integrado la Física Clásica para acercarse al conocimiento tecnológico (cremalleras, cizallas, engranajes cónicos, inclinación de la rosca, etc), por otro, las primeras indagaciones sobre el conocimiento del alumnado dejan entrever que, en términos globales (mayor o menor conocimiento de los distintos operadores), se puede delimitar éste, sin embargo, si el trabajo se quiere llevar a cabo con mayor precisión considerando los problemas de la transmisión de los distintos atributos de la fuerza mecánica conlleva problemas de dirección y sentido, de cambios de intensidad, de reglas cuantitativas entre causa y efecto (por ejemplo, la ley de la palanca), que abren nuevas direcciones de investigación que deberán ser abordadas en sucesivas investigaciones.

Además, trabajos piagetianos realizados sobre problemas de dirección, sentido e intensidad (Piaget, 1946; 1973) muestran que su resolución exigen un pensamiento formal. Por ejemplo, problemas sencillos donde se exige aplicar la regla del paralelogramo para encontrar la solución, incluso sujetos del nivel operacional formal tienen dificultades para resolver problemas donde no hay simetría en la composición de fuerzas (Piaget, 1975).

5. REFERENCIAS

- ACEVEDO, J.A. 1996.** La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, Nº26, pp. 131-144.
- INHELDER, B. y PIAGET, J. 1972.** *De la lógica del niño a la lógica adolescente* (Paidós, Buenos Aires). (Ver.orig. De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent. Presses Universitaires de France. París. 1955).
- MARÍN, N. 1998.** *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería, Almería).
- M.E.C. 1993.** *Ley Organica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE)* (BOE (31-12-93), Madrid).
- MEMBIELA, P. 1997.** Una revisión del movimiento educativo ciencia-tecnología-sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.15, Nº1, pp. 51-57.
- PIAGET, J. 1946.** *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant* (P.U.F., Paris).
- PIAGET, J. 1975.** *La composición de la fuerzas y el problema de los vectores* (Morata, Madrid). (Ver.orig. La composition des forces et le problème des vecteurs. P.U.F. Paris. 1973).
- SCIIS. 1985.** *Science Curriculum Improvement Study* (Delta Education, Nashua. NH).
- SOLBES, J. y VILCHES, A. 1992.** El modelo constructivista y las relaciones ciencia/técnica/sociedad (C/T/S). *Enseñanza de las Ciencias*, Vol.10, Nº2, pp. 181-186.
- Unesco. 1982.** *Nuevo Manual de la Unesco para la enseñanza de las Ciencias* (Sudamericana, Buenos Aires).

ANEXO I

TAREA Nº 1	¿CUÁNDO SE ESTÁ UTILIZANDO UN OBJETO COMO OPERADOR?
------------	---

Ia. Como sabrás en muchos trabajos se necesitan utilizar máquinas y en otros no. Rellena la siguiente tabla, colocando una X en la casilla correspondiente. Al final coloca el nombre de la máquina que creas necesaria.

ACTIVIDAD	NO NECESITAMOS HERRAMIENTA	NECESITAMOS HERRAMIENTA
CLAVAR UN CLAVO		
CORRER		
SACAR UN CUBO DE UN POZO		
ESCRIBIR		
ABRIR UNA LATA DE ATÚN		
ABRIR UNA BOTELLA DE AGUA		

Ib. En muchas situaciones cotidianas utilizamos herramientas para que nos faciliten nuestro trabajo en una determinada tarea. Rellena la siguiente tabla, señalando la casilla que creas correspondiente en cada caso.

ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	ES FÁCIL	NI FÁCIL NI DIFÍCIL	ES DIFÍCIL	NO LO SE
BORRAR	GOMA				
ELEVAR UN GRAN PAQUETE	POLEA				
CORTAR UN ALAMBRE	ALICATES				
ENCENDER LA LUZ	INTERRUPTOR				
PARTIR UN BOLÍGRAFO	CÚTER				
SACAR UN CLAVO	CORTAÚÑAS				
DESCORCHAR UNA BOTELLA	MARTILLO				
LIJAR UNA MADERA	DESTORNILLADOR				
RECORTAR UN DIBUJO	TIJERAS				
ATORNILLAR UN TORNILLO	LLAVE INGLESA				
CLAVAR UN CLAVO	RUEDA				

TAREA Nº 2	DIFERENCIACIÓN DE LA ACCIÓN DE LA MANO Y EL OPERADOR
------------	--

2a. Rellena la siguiente tabla, colocando en cada una de las situaciones que se te plantean, que utilizarías para realizar la tarea con más facilidad, según tu criterio.

TAREA	USO UNA HERRAMIENTA	USO LA MANO	NO LO SE
ABRIR UNA BOTELLA			
SACAR UN TORNILLO			
ABRIR UN CARTÓN DE ZUMO			
LEVANTAR UN TONEL LLENO			
CAMINAR			
LEER UN LIBRO			
ABRIR BOTELLA DE AGUA			
ABRIR UNA NUEZ			

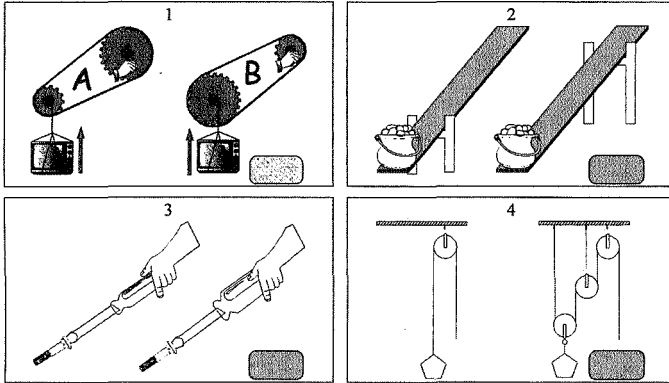
TAREA Nº 3	ADECUACIÓN DEL OPERADOR AL PROBLEMA
------------	-------------------------------------

3a. Observa y lee la siguiente lista de herramientas y operadores, con ella vas a rellenar la tabla de la actividad siguiente. Rellena la siguiente tabla, colocando tres de los operadores que te puedes encontrar en la lista anterior, ordenándolos por orden de utilidad, colocándolos de izquierda a derecha, del más útil al menos útil.

ALICATES	CHINCHETA	CORTAFRÍO	CORTAÚÑAS	CUCHILLO	MANO
CÚTER	DESTORNILLADOR	ENGRANAJE	GATO	LLAVE INGLESA	CUÑA
MARTILLO	PALANCA	PINZAS	POLEA	RODILLO	SACACORCHOS
TALADRO MANUAL		TIJERAS		TORNO	

TAREA Nº 4	PREVISIÓN DE CAMBIOS DE INTENSIDAD
------------	------------------------------------

3a. Existen numerosas situaciones en las cuales las herramientas nos ayudan a realizar un esfuerzo con la utilización de una menor fuerza, compara cada par de situaciones e indica en el recuadro sombreado en cual realizarías menos esfuerzo.



TAREA	HERRAMIENTA ÚTIL	TAREA	HERRAMIENTA ÚTIL
ABRIR UNA LATA		ALISAR UNA HOJA	
CORTAR UN ALAMBRE		COGER UNA PILA-BOTÓN	
PARTIR UNA HOJA		ABRIR UN TRONCO	
MOVER UNA GRAN PIEDRA		ELEVAR UN CUBO	
SACAR UN TORNILLO		ABRIR UNA LATA DE REFRESCO	
AGUJEREAR UNA PARED		CORTAR EL PAN	
ELEVAR UN GRAN PESO		PICAR UNA HOJA	
DESTAPAR UNA BOTELLA		DOBLAR ALAMBRE DE ACERO	