

# Propuesta de una herramienta didáctica basada en la V de Gowin para la resolución de problemas de física

(Proposal of a didactic tool based on Gowin's V to solve physics problems)

J. Gil<sup>1</sup>, F. Solano<sup>1</sup>, L.M. Tobaja<sup>2</sup>, P. Monfort<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física Aplicada, Universidad de Extremadura, Mérida, España

<sup>2</sup>Colegio Salesianos, Mérida, España

<sup>3</sup>Departamento de Matemáticas, Universidad de Extremadura, Badajoz, España

Recibido em 27/2/2012; Aceito em 27/1/2013; Publicado em 15/5/2013

Este trabajo presenta una herramienta didáctica, basada en la V de Gowin, cuya finalidad es facilitar un aprendizaje significativo que permita a los alumnos enfrentarse a la resolución de problemas de física de una forma creativa y constructiva. Para ello se ha elaborado una plantilla que guía la resolución de problemas, relacionando contenidos conceptuales con contenidos de tipo procedimental y ha sido aplicada a los temas de dinámica que aparecen en el curriculum oficial de la asignatura física y química de 1º de bachillerato. En esta experiencia han participado 43 alumnos divididos en dos grupos, uno formado por los alumnos que han seguido el método propuesto en este trabajo y el otro formado por aquellos que siguieron el método tradicional. Se ha realizado un pretest y un postest sobre conocimientos en dinámica así como un estudio de la evolución de la resolución de los problemas sobre este tema, antes, durante y después de la instrucción sobre la V de Gowin. El análisis de los resultados obtenidos muestra que el método de resolución de problemas según la V de Gowin mejora la calidad de aprendizaje de los alumnos, incrementándose tanto sus capacidades en la resolución de problemas de física como en la comprensión de conocimientos sobre temas de dinámica.

**Palabras-clave:** V de Gowin, aprendizaje significativo, problemas de física, dinámica.

This paper presents a didactic tool, based on Gowin's Vee, and whose purpose is to facilitate a meaningful learning which allows students to deal with solving physics problems in a creative and constructive way. For that reason we have developed a template which guides the resolution of problems, relating conceptual contents with the procedural ones and which has been applied to the dynamic units appearing in the official curriculum of the high-school courses of physics and chemistry. 43 students participated in this experience, divided into two groups. The first one was formed by students who followed the method proposed in this paper and the other by those who followed the traditional method. A pretest and a test about dynamic knowledge were given, and a study was carried out of the evolution of the resolution of problems before, during and after the instruction on Gowin's Vee. The analysis of the results shows that the method of problem solving by using Gowin's Vee improves the quality of student learning, increasing not only their abilities to solve physics problems but also their abilities to understand concepts related to dynamics issues.

**Keywords:** Gowin's Vee, meaningful learning, physics problems, dynamics.

## 1. Introducción

La Sociedad está en continuo cambio e innovación y, en consecuencia, la actividad docente debe mantenerse en actitud similar, mejorando la técnica de enseñanza, siempre ligada al proceso de aprendizaje. Estos cambios requieren innovaciones en la educación escolar y universitaria, innovaciones centradas en la naturaleza y poder del aprendizaje significativo. De todo lo anterior se deduce la necesidad de un nuevo paradigma educativo; a este respecto el modelo cognitivo/constructivista se ha

mostrado mucho más adecuado para liberar el potencial creativo de los alumnos, facilitando un aprendizaje significativo, en contraposición con el memorístico por repetición mecánica, que habilite a los alumnos para encargarse de su futuro de una forma creativa y constructiva [1].

El papel del profesor en esta teoría es entonces básicamente la de facilitador o guía para que el propio alumno, a partir de sus conocimientos previos, logre construir conocimientos nuevos con la ayuda de las estrategias didácticas y materiales que aquel pueda pre-

<sup>1</sup>E-mail: juliagil@unex.es.

sentarle.

El marco teórico desarrollado por Novak, *et al.* [2, 3] constituye un sólido soporte para el tratamiento de los distintos problemas que plantea una auténtica reforma de la educación. Y es en el seno de este marco donde han surgido esas poderosas herramientas instruccionales que son el Mapa Conceptual y el Diagrama V, cuya eficacia para la consecución de un aprendizaje significativo ha sido puesta de manifiesto en los distintos trabajos presentados en los congresos internacionales celebrados recientemente sobre el tema [4].

En este trabajo se ofrece una propuesta para la enseñanza de la física, enfocada a la resolución de problemas, desde una perspectiva constructivista, basada en el uso de la V heurística propuesta por Gowin como herramienta para conseguir un aprendizaje significativo.

A partir de una breve revisión de los antecedentes y fundamentos teóricos básicos de este estudio, apartado 2, se describe la herramienta didáctica basada en la V de Gowin y las condiciones en las que ha sido utilizada por alumnos de 1º de bachillerato, apartado 3. En el apartado 4, se presentan los resultados obtenidos y la discusión de estos y por último se exponen las conclusiones que se deducen de esta experiencia, apartado 5.

## 2. Estudio teórico y antecedentes

### 2.1. Aprendizaje significativo

A mediados del siglo XX surge la necesidad de estudiar y modelar los procesos por los que los seres humanos aprenden. Tras un amplio proceso expansivo, en la actualidad se pueden encontrar aún varias teorías del aprendizaje diferentes. Entre ellas y dentro de las denominadas teorías cognitivas, la teoría del aprendizaje significativo se ocupa del proceso de construcción de significados por parte del alumnado. Expuesta en 1963 por Ausubel [3], “aborda los elementos, factores, condiciones y tipos que garantizan la adquisición, asimilación y la retención del contenido que la escuela ofrece al alumnado, de modo que adquiera significado para el mismo” [5].

Según esta teoría, debe buscarse que el alumno alcance un aprendizaje significativo, que le permita usar posteriormente los conocimientos aprendidos como sustento para posteriores aprendizajes. Así, el alumno aprende significativamente cuando, habiendo realizado un esfuerzo deliberado en el proceso, consigue relacionar los nuevos conceptos con conceptos ya adquiridos; los primeros se incorporan de esa manera a la estructura cognoscitiva del sujeto. De esta forma, el foco de la enseñanza se desplaza desde los contenidos y el estilo del profesor, al alumno y su forma de aprendizaje. El profesor debe procurar entonces que el alumno se haga responsable de su propio aprendizaje, fomentando actitudes favorables hacia este y su autonomía personal,

con el objetivo último de que el alumno “aprenda a aprender”. Los materiales que se emplean en el proceso de enseñanza aprendizaje deben ser significativos, esto es, deben tener un significado lógico potencialmente relacionable con la estructura cognitiva del alumno y debe incorporar ideas que sirvan de enlace con los conocimientos previos del alumno [1, 5].

### 2.2. V de Gowin

Gowin dedicó su carrera al estudio de la epistemología (ciencia que estudia la naturaleza del conocimiento y el modo como se producen nuevos conocimientos) en el contexto de la educación e inventó la V epistemológica (*knowledge vee mapping*) [6]. La forma como tal es de importancia secundaria, pero sirve para distinguir los diversos elementos epistemológicos fundamentales que intervienen en la construcción de nuevos conocimientos o de nuevos significados. Se trata de un recurso heurístico, es decir que sirve para ayudar a resolver un problema o para entender un procedimiento [1].

Como puede verse en la Fig. 1 [7], el lado izquierdo de la V representa el dominio conceptual (son los elementos epistemológicos que aportamos al estudio), mientras que el derecho representa el dominio metodológico o procedimental (los pasos que damos en el proceso de aprender). En el vértice de la V se reflejan los acontecimientos que pueden llevar a responder las preguntas clave que constituyen el objeto del estudio y que orientan la relación mutua entre los elementos en el desarrollo de la investigación. La transferencia de conocimiento desde una rama hasta la otra, se hace posible gracias a la adecuada formulación de las preguntas centrales.

Cabe destacar que la producción de conocimiento no se concluye con la obtención de unos determinados resultados, sino que el proceso se extiende hasta las afirmaciones de valor, que pueden motivar la reformulación de conceptos y teorías, comenzándose de nuevo el proceso, al modo de los planteamientos clásicos de la metodología científica.

A pesar de que originalmente la V de Gowin nació con el fin de analizar críticamente un trabajo de investigación o entender un experimento en el laboratorio, pronto se mostraría eficaz en una enseñanza dirigida a promover un aprendizaje significativo, así como para “extraer o desempaquetar” el conocimiento, de tal forma que pueda ser utilizado, entre otros ámbitos, en la resolución de problemas de física [8]. Es, de hecho, un recurso que permite visualizar la dinámica de la producción del conocimiento, al explicitar la relación entre lo que el alumno ya sabe (dominio conceptual) y lo que podrá realizar para lograr nuevos aprendizajes a partir de ellos, mostrándole además los recursos necesarios para ello (dominio metodológico) [9]. En este sentido muestra al alumno la noción del conocimiento como entidad construida por él mismo, en consonancia con el modelo constructivista del aprendizaje.

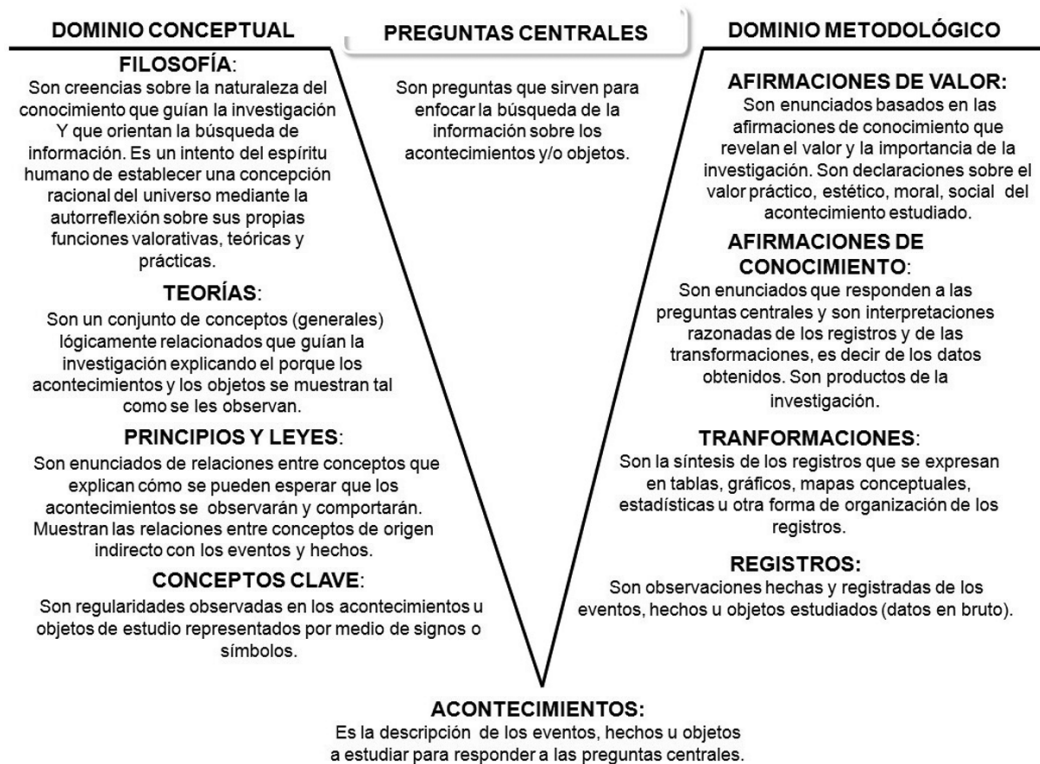


Figura 1. Diagrama V de Gowin.

Son numerosas las aplicaciones de la V de Gowin en experiencias de aula, revelándose como una herramienta útil para alumnos y profesores que ha sido contrastada en multitud de estudios y en ámbitos diversos: desde la preparación de las prácticas de laboratorio hasta su uso como herramienta motivadora de la creatividad; desde la educación primaria hasta para elaborar tesis doctorales [10-14]. Esta versatilidad es posible, entre otros motivos, por la adaptabilidad de la V de Gowin a los diferentes contextos en los que se emplea, mostrándose que dicha herramienta, utilizada por los alumnos, supone una mejoría en la actitud hacia la resolución de problemas de física y en un análisis más profundo y significativo de éstos [15-17]. La finalidad última de este heurístico es explicitar ambos lados de la V y facilitar su interrelación práctica. A pesar de ello es posible que esto se realice de diversos modos: recorriendo primero un lado de la V y luego el otro; pasando alternativamente de uno a otro lado [18], comenzando por los registros, o por la filosofía o las teorías. Es obvio que cada alumno recorrerá la V según su propio estilo de aprendizaje, siendo múltiples los recorridos válidos, aunque también lo es que no todos estos conllevan la misma eficacia en el proceso de aprendizaje.

### 2.3. Resolución de problemas

Si se considera que un problema es una situación, cuantitativa o no, de la que se pide una solución, para la

cual los individuos no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla [19], la resolución de problemas por parte de los alumnos involucra una serie de competencias de pensamiento lógico, analítico, crítico y creativo, que muestran si el aprendizaje realmente ha sido o no significativo. Dicho de otro modo, si el alumno ha comprendido adecuadamente los conceptos teóricos debería poder enfrentarse exitosamente a los problemas planteados, del mismo modo que resolviendo problemas afianza y comprende con más profundidad los conceptos teóricos [20].

Por ello, una porción significativa del tiempo que se emplea en las aulas en las asignaturas de ciencias se dedica a la resolución de ejercicios y problemas. Así, en la asignatura de física, es una de las actividades irrenunciables a juicio de la mayor parte de los docentes. No obstante, múltiples estudios constatan que la preparación de los alumnos en dicha habilidad es, en general, deficiente tanto en las etapas de secundaria como en las universitarias [21, 22].

No puede decirse que la comunidad científica se haya cruzado de brazos ante dicha dificultad [23]. Las soluciones propuestas para aumentar el grado de resolución de problemas de ciencias en general y de física en particular, tanto en la etapa universitaria como en las preuniversitarias, han sido variadas [24-27]: enseñanza de algoritmos, aprendizaje activo, enseñanza mediante expertos, investigación orientada, resolución de problemas abiertos, uso de mapas conceptuales y de la V de

Gowin. . .

En resumen, a pesar del esfuerzo y tiempo dedicados en las aulas a dicha tarea y del esfuerzo investigador realizado, con aportaciones innovadoras y eficaces, la resolución de problemas en las asignaturas de ciencias todavía supone un reto importante para los alumnos que la mayoría no logran superar.

Por parte de los alumnos, muchas pueden ser las causas de este fracaso, entre otras [21] las siguientes:

- Carencias en habilidades de comprensión lectora.
- Desconocimiento de los principios físicos relativos al problema.
- Deficiente manejo de las herramientas matemáticas necesarias para la resolución.
- Falta de estrategias en la búsqueda y/o planteamiento de alternativas de resolución.
- Análisis de la situación planteada incorrecta o deficiente.

La respuesta de los alumnos ante la dificultad intrínseca de los problemas es variada; unos los afrontan y terminan superando las dificultades; otros encuentran estrategias que les permiten resolverlos, aunque no siempre alcanzando un aprendizaje significativo (aplicando recetas); y los hay que no saben cómo empezar y simplemente buscan una fórmula adecuada o bien se limitan a esperar la resolución del profesor. Esto último puede hacer caer a los alumnos en la conocida actitud de “reconocer o abandonar” el problema [28].

Basándose en el heurístico V de Gowin, Escudero y Moreira [18] han analizado diversas estrategias de resolución de problemas. Uno de los resultados de este

estudio es que muchos de los alumnos realizan la denominada V ciega, en la que los alumnos no pasan por la rama conceptual de la V de Gowin, haciéndose por ello muy complicado el aprendizaje significativo. Aunque también se puede dar la situación contraria, como la planteada por Silveira *et al.* [29] que sugiere que el conocer el dominio conceptual no es suficiente para convertir al alumno en buen solucionador de problemas.

### 3. Diseño de la experiencia

Idealmente, en la resolución de un problema, el alumno debe activar sus conocimientos teóricos y procedimentales sobre el problema en cuestión para poder resolverlo. Sin embargo, los alumnos, generalmente ofrecen resistencia al empleo del dominio conceptual, utilizando estrategias que les permiten la resolución de los problemas planteados de un modo más mecánico; estrategias que se oponen a los objetivos didácticos planteados por el docente y que a largo plazo suelen resultar un serio obstáculo cuando la dificultad conceptual de los problemas se incrementa. Como ya se ha mencionado previamente, la V de Gowin revela los dominios implicados en la resolución de problemas de física. En la Fig. 2 puede verse una V de Gowin simplificada adaptada para la resolución de problemas [15] que ha servido de base en este trabajo. Para que esta herramienta pueda ser utilizada, de forma más sencilla, por alumnos de bachillerato en la resolución de problemas de física, se ha diseñado una plantilla basada en la V de Gowin simplificada (Fig. 3) y se ha instruido a los alumnos en su uso.

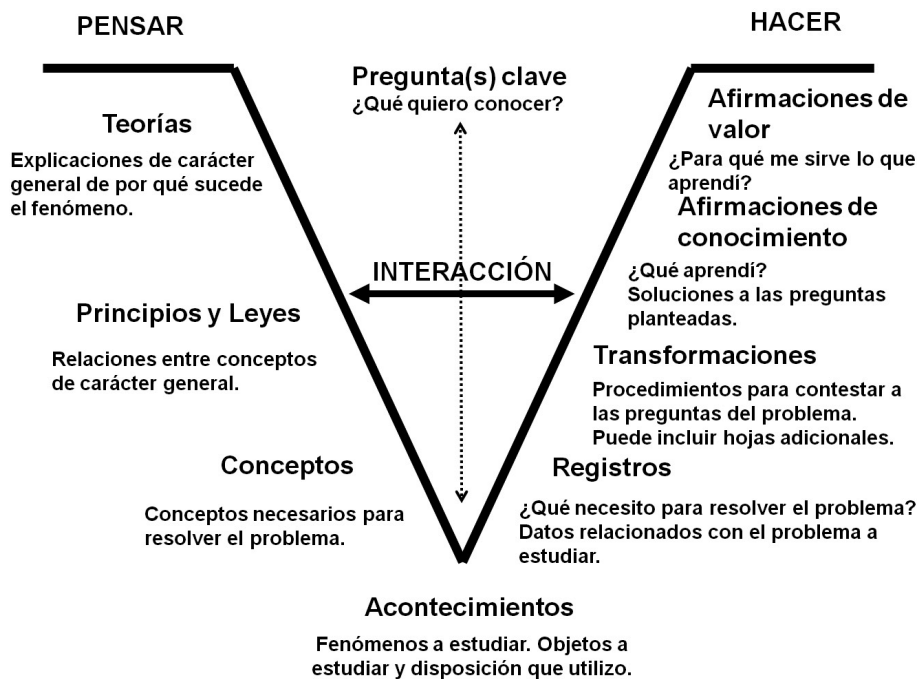


Figura 2. V de Gowin simplificada.


Nombre:		Dpto. de CCNN
Enunciado:		
Análisis inicial:	Dibujos y gráficas:	
Teorías, Principios o Leyes:	Preguntas clave:	Registros – datos:
Conceptos:		Transformaciones:
		Resultados y afirmaciones de valor:

Figura 3. Plantilla basada en la V de Gowin.

### 3.1. Plantilla basada en la V de Gowin para la resolución de problemas de física

Aunque originalmente la V de Gowin explicita la relación entre lo que se conoce (dominio conceptual) y los recursos necesarios para enfrentar la tarea del conocimiento, la plantilla de resolución de problemas basada en la V de Gowin (PVG), que aquí se presenta (Fig. 3), tiene como finalidad “obligar” al alumno a pasar por el dominio conceptual en algún momento durante la resolución del problema. Es cierto que es posible que el alumno rellene mecánicamente o sin comprender plenamente todos los apartados de la plantilla, pero, al entregarla completada, al menos, ha debido explicitar los elementos referentes al dominio conceptual. El profesor deberá, por ello, revisar el trabajo de los alumnos para detectar signos de mecanicismo y asegurarse que la plantilla ha sido rellena completamente.

En el diseño de la plantilla se ha procurado mantener la estructura de la V heurística y para ello se ha dividido en tres columnas, correspondiendo la de la izquierda al dominio conceptual y la de la derecha al metodológico mientras que la columna central se completará con las preguntas clave y las representaciones gráficas que sean necesarias. Si bien la parte izquierda guarda el orden de la V de Gowin, en la derecha se han invertido los términos verticalmente (recordemos que este lado de la V tradicionalmente se completa de abajo hacia arriba), para que se rellene mejor por parte de los alumnos.

Los apartados de los que consta la plantilla son:

0) Nombre del alumno y enunciado del problema.

1) Análisis inicial. En este apartado se pide a los alumnos que, analizando el problema, prevean el

comportamiento del sistema, los valores máximos y/o mínimos previsibles, posibles soluciones, soluciones imposibles. . . Este apartado es una innovación al esquema de la V de Gowin basada en estudios como los de Domech [30], Gil [28] o Becerra-Labra [31] para los que el análisis inicial de los problemas por los alumnos mejora su capacidad de resolución.

2) Teorías, principios o leyes: Se corresponde con los ítems del apartado conceptual de la V de Gowin. Se pide aquí a los alumnos que indiquen el ámbito al que pertenece el problema, la ley o principio con la que se planteará éste y las herramientas matemáticas que pueda necesitar para su resolución.

3) Conceptos: Los alumnos deben escribir aquí los conceptos (o fenómenos) involucrados en el problema.

4) Dibujos y gráficas: Representación gráfica del problema donde también pueden indicar los datos aportados por el enunciado. Por ejemplo, en el caso de los problemas de dinámica con los que se han enfrentado en el estudio presente, los alumnos tienen que dibujar el diagrama de cuerpo libre e indicar la dirección posible del movimiento del sistema.

5) Preguntas clave: Son las cuestiones que dirigen la resolución del problema.

6) Registros, datos: Se indican en este apartado los datos suministrados por el enunciado, las constantes que fuesen necesarias y se realizan los cambios de unidades que fuesen pertinentes. Tradicionalmente los datos son el punto de partida en la resolución de los problemas por parte de los alumnos (instados frecuentemente por el docente [23], [8]); sin embargo, en el procedimiento de resolución que se ha propuesto a los alumnos, se ha intentado que comiencen por el dominio conceptual, siguiendo el consejo de Selvaratnman [20], que sugiere

centrarse primero en todo lo necesario para clarificar el problema y evitar la simple manipulación de ecuaciones y datos. Evidentemente, los alumnos pueden completar la plantilla del modo que consideran conveniente, aunque se les ha insistido en que se haga en el orden marcado, secuencialmente desde el apartado 1) hasta el 8).

7) Transformaciones: Se plantea aquí el problema y se resuelve, aplicando los cálculos matemáticos necesarios.

8) Resultados y afirmaciones de valor: Son dos las ideas que pueden indicarse aquí. Por un lado indicar la respuesta al problema planteado y comprobar que la solución se corresponde con lo que se pedía en el apartado 5). Se anima a los alumnos a preguntarse si la respuesta es coherente con lo indicado en el apartado 1) y, en caso de no serlo, a revisar bien la respuesta, bien el análisis inicial. Por otro lado, se puede escribir cuanto hayan aprendido de novedoso los alumnos en la resolución del problema o las dificultades encontradas, así como el modo de superación de éstas.

### 3.2. Metodología empleada

Esta experiencia se ha desarrollado a partir de un diseño cuasi-experimental con pretest, posttest, grupo de control y grupo experimental. Nuestra hipótesis principal es que la resolución de problemas de física utilizando la V de Gowin mejora la calidad de los aprendizajes de los alumnos. Para ello se ha utilizado la PVG, que se ha descrito anteriormente, aplicada a los contenidos de dinámica que aparecen en el curriculum oficial de la asignatura física y química de 1° de bachillerato.

Con el fin de valorar si los alumnos consiguen mejoras en la resolución de problemas utilizando la PVG, se ha realizado un estudio sobre la evolución en la resolución de problemas por parte de éstos, durante 11 semanas en el transcurso del curso 2010/2011, en el que han participado 43 alumnos repartidos en dos grupos naturales de 1° de bachillerato (16-17 años) de la modalidad de ciencias y tecnología que cursaban la asignatura de física y química

Para conocer el nivel base de los alumnos en dinámica, previamente a iniciarse el tema, realizaron a modo de pretest, una prueba de conocimientos previos sobre contenidos de dicha disciplina. Éste test que está formado por 16 ítems, todos originales, de respuesta cerrada única a elegir entre cuatro posibles, ha sido previamente validado [32], lo que ha permitido considerarlo como una prueba válida y fiable para medir el nivel de conocimientos previos que sobre contenidos de dinámica tienen los alumnos de 1° de bachillerato.

A lo largo de 18 sesiones, más otras dos dedicadas a exámenes, se ha impartido a todos los alumnos los contenidos de la asignatura sobre dinámica. El trabajo en el aula ha consistido en clases expositivas referentes al tema, trabajo individual y en pequeños grupos

de alumnos y corrección en la pizarra de los problemas propuestos. Dos de las sesiones se dedicaron a la presentación y aplicación práctica del procedimiento general de resolución de problemas mediante PVG. Posteriormente, como una actividad más de aula, se instó a los alumnos a que realizasen individualmente o en grupo al menos un ejercicio según dicho método.

A partir de este momento, los alumnos voluntariamente podían entregar al profesor, para su corrección, cualquiera de los problemas propuestos en el tema según la metodología basada en la PVG. Se incentivó a los alumnos valorando cada problema resuelto según la PVG con un punto positivo en actitud. En el Anexo 1 puede verse una plantilla completada por un alumno.

Alrededor de un mes después de que el tema hubiese concluido, y sin previo aviso, los alumnos realizaron una prueba que consistió en, contestar un segundo cuestionario, a modo de posttest, de 15 preguntas con estructura y contenidos similares al pretest, aunque no igual, para evitar el “efecto de aprendizaje”. En la misma prueba resolvieron, además, dos problemas de dinámica relacionados con los contenidos y ejercicios que se habían expuestos en clase.

Paralelamente a la aplicación del método descrito se han corregido y valorado algunos de los problemas realizados por los alumnos, antes, durante y después de la presentación e instrucción en la PVG. Para ello se han tenido en cuenta ocho problemas, de los que seis son algunos de los que los alumnos han resultado en los exámenes propios del curso y los otros dos restantes en el posttest ya mencionado.

Por otra parte, los alumnos no han sido advertidos en ningún momento de esta experiencia, con el fin de no influir en los resultados y de hecho, incluso después de la instrucción en la PVG no se les ha pedido que utilicen dicho esquema en las pruebas realizadas, aunque se siguió utilizando dicho método en las resoluciones de problemas realizadas en el aula.

### 3.3. Criterios de valoración de los problemas

Para valorar el método y la eficacia de la herramienta propuesta (PVG), los problemas realizados por los alumnos han sido corregidos según los siguientes criterios, que han sido puntuados como cero o uno, pudiéndose obtener un máximo de 11 puntos en cada problema:

1) Escribe la ley o principio en el que se basa el problema. Este apartado se valora tanto si escribe la fórmula en la que se basa para la resolución del problema como si lo hace enunciando la ley.

2) Justifica el uso de la ley o principio. Se valora siempre que realice un razonamiento adecuado acerca de por qué ha empleado ese principio o ley, con independencia de que sea el correcto para resolver el problema. Este apartado y el anterior se refieren a la sección 2) de la PVG.

3) Realiza un dibujo explicativo. Se corresponde con el apartado 4) de la PVG.

4) Dibuja convenientemente los vectores. En algunos de los problemas valorados se hacía necesario el uso de vectores, bien para la representación de fuerzas, bien para la de velocidades.

5) Indica y usa el sistema de referencia elegido.

6) Escribe los datos del problema. Se acepta que lo hagan sobre el dibujo o en un espacio aparte. No se valora si proceden a cambiar las unidades o no. Se corresponde con el apartado 6) de la PVG.

7) Están todas las unidades y éstas son correctas. Se valora con cero si falta alguna unidad o es incorrecta.

8) Plantea el problema correctamente. Puntúa solo si el problema es planteado correctamente. Tiene correspondencia con el apartado 7) de la PVG.

9) Llega a un resultado coherente. Se valora independientemente de su corrección. Tiene como objetivo que los alumnos analicen el resultado obtenido y comprueben si muestra valores en desacuerdo con el enunciado del problema, por ejemplo, valores negativos para las tensiones o aceleraciones superiores a la de la gravedad en la caída libre de cuerpos.

10) El resultado es correcto.

11) Escribe la respuesta al problema. Se valora con independencia de que la respuesta dada sea o no la correcta. Incide en la necesidad de que los alumnos den respuesta a la cuestión planteada, no simplemente a la obtención de un resultado matemático. Se corresponde con el apartado 8) de la PVG y sólo puntúa si se escribe explícitamente una frase indicando la respuesta al problema planteado.

Dado que el objetivo de esta experiencia de aula es facilitar un aprendizaje significativo sobre los contenidos de dinámica, que mejore la capacidad de resolver problemas, y sabiendo que los alumnos de este nivel suelen tener dificultades de cálculo, no se ha contabilizado directamente nada referente a las operaciones matemáticas.

## 4. Resultados

En esta experiencia han participado 43 alumnos de 1º de bachillerato, divididos en dos grupos, uno de control (Ctr) y otro experimental (Exp). El grupo Exp está formado por los 11 alumnos que en las tareas de clase y de forma voluntaria realizaron más de 3 problemas según la metodología propuesta usando la PVG. El grupo de Ctr está formado por los 32 alumnos restantes que, aunque fueron instruidos en la metodología basada en la PVG, utilizaron la metodología habitual para resolver los problemas.

En la Fig. 4 se observa la diferencia entre las medias de las puntuaciones obtenidas por el grupo Exp y el grupo Ctr para cada uno de los problemas que

se han valorado. Éstos deben considerarse agrupados cronológicamente en parejas: los problemas 1 y 2 (datos pre-problemas) se resolvieron en un examen antes del inicio en la instrucción de la PVG, los problemas 3 y 4 fueron resueltos por los alumnos poco después de presentada la PVG, sin que se hubiese completado el proceso de instrucción en la nueva herramienta y los problemas 5 y 6 (realizados con el postest y que constituyen los datos post-problemas) se plantearon y resolvieron después de finalizar el proceso de instrucción en el uso de la PVG, junto con el postest de conocimientos sobre dinámica. Por último, los dos problemas 7 y 8 fueron resueltos al final del curso en un examen ordinario.

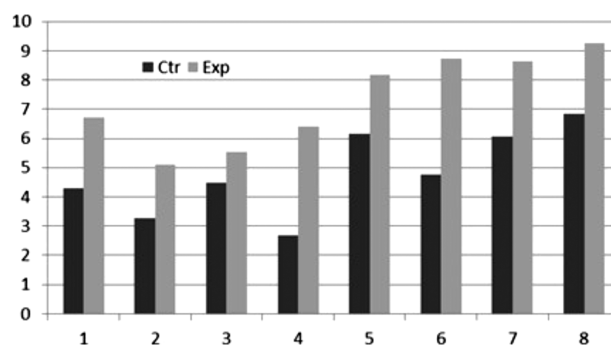


Figura 4. Evolución de la valoración de los problemas.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos por los dos grupos, Exp y Ctr, en las distintas pruebas que se han valorado en este trabajo.

En el análisis estadístico de los datos se ha obtenido que las distribuciones de resultados para el pretest y la prueba de pre-problemas pueden considerarse normales, mientras que en los casos del postest y la prueba de pos-problemas las distribuciones no son normales (Tabla 2), por lo que las comparaciones entre poblaciones se harán mediante pruebas paramétricas y no paramétricas, respectivamente, con ayuda del paquete estadístico SPSS19 [33].

### 4.1. Análisis y discusión de los resultados iniciales (pretest y pre-problemas)

Los análisis estadísticos de los resultados obtenidos en el cuestionario de conocimientos previos de dinámica (pretest) para ambos grupos muestran que, aunque el grupo Ctr tiene una media ligeramente superior al grupo Exp (Tabla 1), no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. La prueba T para la igualdad de medias para ambos grupos ofrece un p-valor = 0.479, superior a 0.05, por lo que no puede rechazarse la hipótesis de igualdad de medias con un nivel de significación del 95%. Este resultado permite considerar que no hay diferencias significativas entre ambos grupos, con respecto a los conocimientos previos sobre la materia que se va a considerar.

Tabla 1. Valores obtenidos en el pretest, postest, pre-problemas y post-problemas.

	Grupo	Número de datos	Media	Desviación típica
Pretest	Ctr	32	9.69	2.73
	Ex	11	9.00	2.83
Pre-problemas	Ctr	31	7.79	3.98
	Ex	11	11.06	5.10
Postest	Ctr	31	6.74	2.26
	Ex	11	8.00	3.10
Post-problemas	Ctr	25	13.04	5.49
	Ex	11	16.91	4.39

Tabla 2. Pruebas de normalidad.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	0.102	43	0.200	0.981	43	0.682
Pre-problemas	0.086	42	0.200	0.989	42	0.947
Postest	0.143	42	0.031	0.955	42	0.101
Pos-problemas	0.168	36	0.012	0.914	36	0.008

<sup>a</sup> Corrección de la significación de Lilliefors.

Como se observa en la Fig. 5 la media de los resultados obtenidos por el grupo experimental en la valoración de los problemas 1 y 2 es superior a la del grupo de control pero el análisis estadístico de los resultados ( $p$ -valor = 0.073 > 0.05 en la prueba T para la igualdad de medias) muestra que entre ambos grupos tampoco existen diferencias significativas entre las medias de sus puntuaciones en los resultados pre-problemas.

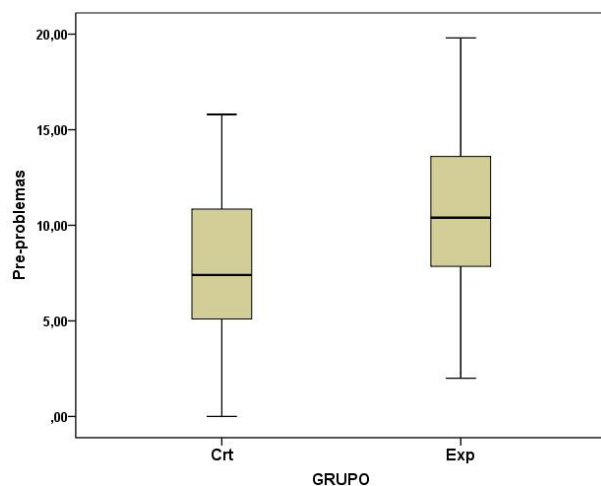


Figura 5. Diagrama de cajas para la puntuación de los Pre-problemas.

En resumen, el análisis estadístico de los resultados del pretest y pre-problemas muestra que los dos grupos se pueden considerar homogéneos al principio de esta experiencia, como era de esperar ya que hasta ese momento ambos grupos habían recibido, en general, los mismos métodos de enseñanza.

#### 4.2. Análisis de los resultados finales (postest y post-problemas)

El cuestionario postest, realizado tras la instrucción sobre el tema de dinámica, muestra que la media alcanzada por los alumnos del grupo Exp es superior a la del grupo Ctr (Tabla 2), al contrario que lo que ocurría en el test de conocimientos previos, pretest. A pesar de ello, no puede afirmarse que haya diferencias estadísticamente significativas entre las medias de ambos grupos, ya que la Prueba de Mann-Whitney para muestras independientes, ofrece un  $p$ -valor = 0.157 al nivel de significancia de 0.05. Este resultado no es del todo inesperado porque con el método aquí presentado se ha trabajado, principalmente, la resolución de problemas de dinámica y no la comprensión conceptual referente a este tema. Para comprender el avance conceptual alcanzado por los alumnos sería necesario hacer un análisis cualitativo, que no es objeto de este artículo.

Es necesario indicar que el postest tiene un índice de dificultad superior al de conocimientos previos (0.45 para el postest frente a 0.56 del pretest), y un ítem menos por lo que las medias de ambos test no son comparables.

Por el contrario los datos obtenidos de la valoración de los problemas 5 y 6 ( $p$ -valor de 0.023 en la prueba U de Mann-Whitney), muestran que se puede rechazar la hipótesis de igualdad de medias entre ambos grupos, asumiendo, como puede apreciarse en el diagrama de cajas mostrado en la Fig. 6, que la media del grupo Exp (16,91) es significativamente superior a la del grupo Ctr (13.04). Además, se observa que la desviación típica del grupo Ctr es mayor que la del grupo Exp, indicando así un menor grado de dispersión en las puntuaciones ob-



tenidas por este grupo, aunque este resultado también puede ser debido al menor número de alumnos en el grupo Exp.

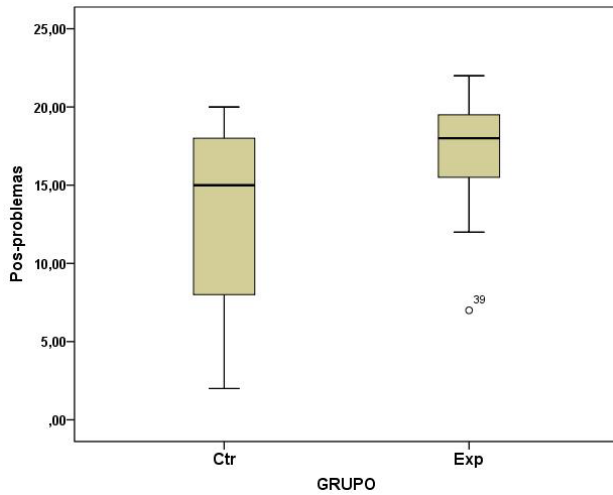


Figura 6. Diagrama de cajas para la puntuación de los Post-problemas.

Estos resultados parecen indicar que la diferencia, entre los valores medios, es debida al método de enseñanza usado en esta experiencia.

### 4.3. Evolución de la puntuación en problemas

En la Fig. 4 se puede observar la evolución de los resultados obtenidos por cada grupo en la puntuación de los problemas evaluados durante el transcurso de esta experiencia. En todos los casos la puntuación media

obtenida por el grupo experimental es superior a la del grupo de control, aunque, como ya se ha visto en el apartado anterior, sin diferencias significativas entre los grupos al principio de la experiencia (problemas 1 y 2). Para comparar la evolución de los resultados de los problemas hemos calculado para cada grupo la ganancia media normalizada ( $G$ ) propuesta por Doran y que es ampliamente utilizada en trabajos de este tipo para valorar el grado de aprendizaje alcanzado por los alumnos [34,35]. La siguiente expresión, adaptada a esta experiencia, indica como calcularla:

siendo la puntuación máxima 22, dado que es la suma de la puntuación de dos problemas.

En la Tabla 3 pueden observarse los valores de  $G$  obtenidos por ambos grupos. Tomando como referencia la puntuación obtenida en los problemas 1 y 2 (datos pre-problemas), la ganancia para los problemas 3 y 4 es prácticamente nula. Como ya se ha indicado, estos problemas se realizaron en un examen poco después de haberse iniciado la instrucción en la PVG. Sin embargo, la ganancia en los problemas 5 y 6 ya es apreciable, siendo mayor en el grupo Exp que en el de Ctr. Lo mismo ocurre en los problemas 7 y 8 pertenecientes a un examen final del curso. Estos resultados pueden interpretarse como una mejora en la resolución de los problemas para los alumnos de ambos grupos a lo largo del curso, como era de esperar, aunque sustancialmente mayor para el grupo Exp, lo que parece indicar de nuevo, que la diferencia en estos resultados es debida al uso de la PVG como método para resolver los problemas de dinámica.

Tabla 3. Puntuación en problemas y ganancia.

	Puntuación		Ganancia	
	Control	Experimental	Control	Experimental
P1 y P2	7.55	11.83		
P3 y P4	7.18	11.95	-0.03	0.01
P5 y P6	10.91	16.91	0.23	0.50
P7 y P8	12.90	17.91	0.37	0.60

Con independencia de los resultados estadísticos, la valoración que los alumnos han dado a esta herramienta ha sido muy positiva. Según una encuesta de satisfacción realizada sobre una muestra de 28 encuestados, de los 43 alumnos que han participado en este estudio, el 89,3% consideran que el método de aplicación de la PVG le había ayudado a integrar teoría y problemas (dominio conceptual y el dominio metodológico de la V de Gowin), y a entender mejor el proceso de resolución de los mismos. La misma proporción valoraba como útil o muy útil esta herramienta.

Como caso particular, varios alumnos resolvieron los problemas de los exámenes finales según el esquema propuesto en la PVG (alguno incluso usaron una fotocopia de la misma) a pesar de no pedírselo explícitamente.

pia de la misma) a pesar de no pedírselo explícitamente.

## 5. Conclusiones y estudios futuros

Los resultados confirman nuestra principal hipótesis y muestran que la utilización de una herramienta didáctica basada en la V de Gowin para resolver problemas de dinámica, es más efectiva que los métodos tradicionales, que son en general menos reflexivos y sistemáticos.

La importancia de explicitar la relación entre lo que el alumno ya sabe (dominio conceptual) y lo que podrá realizar para lograr nuevos aprendizajes a partir de ellos, (dominio metodológico) en el desarrollo de los pro-

blemas de física, hace de la V de Gowin una herramienta muy útil en una enseñanza dirigida a promover un aprendizaje significativo, como se aprecia en la mejora en la resolución de problemas (en el grupo Exp G = 0.50 frente al grupo de Crt G = 0.23) que perdura más allá del periodo estricto de instrucción en el método.

También se aprecia, aunque de un modo estadísticamente no concluyente, una mejora en la comprensión de los conceptos teóricos para aquellos alumnos que siguieron el método de la PVG frente a los del grupo de control.

En la encuesta de satisfacción, los alumnos han valorado especialmente el apartado de “análisis inicial del problema” en dos aspectos contrapuestos. Por un lado, indican que era el apartado que más les costaba realizar, pero por otro decían que una vez cumplimentado este apartado, el problema estaba hecho en su mayor parte. Es esta una aportación que se puede llevar a cabo en las aulas con independencia del uso de la PVG.


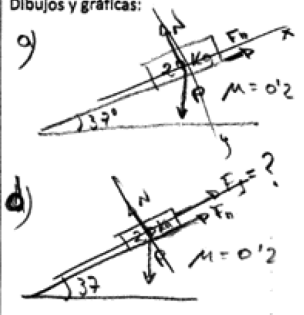
Por otro lado, la prueba más sólida del potencial de este método reside en el entusiasmo del profesor participante cuando observa el cambio de actitud en sus estudiantes, en condiciones completamente naturales, tanto en la enseñanza como en la evaluación del aprendizaje

en el aula. Cabe destacar el caso de dos de ellos, que pasaron en el plazo de dos meses de una situación en la que prácticamente no se sentían capaces de enfrentarse a los problemas, a aprobar el curso en la convocatoria ordinaria.

Después de analizar los resultados obtenidos, se concluye que, en un futuro, se podría mejorar el método aquí utilizado en dos aspectos. Por un lado, sería deseable realizar más experiencias del uso de la PVG en grupos completamente independientes (para evitar posibles contaminaciones en los resultados, dado que la instrucción sobre el uso de la V de Gowin para resolver problemas la han recibido todos los alumnos, con independencia del trabajo que posteriormente realizasen con la plantilla) y más numerosos (para que los resultados estadísticos sean más significativos). Por otra parte, en la puntuación de los problemas, un valor mayor no significa necesariamente que el resultado sea el correcto, sino que el procedimiento es más acertado, por lo que cabría mejorar el método en esa dirección.

### Anexo I

Plantilla completada por un alumno.

Nombre: <u>David del Río Gómez</u>		Dpto. de CCNN 
Enunciado: - Ejercicio número 2.		
Análisis inicial: a) el cuerpo se desliza por el plano.	Dibujos y gráficas: 	Registros - datos: - cuerpo → 20 Kg $F_r = \mu \cdot N$ $P \Rightarrow \begin{cases} P_x \text{ sen } 37^\circ = P_x \\ P_y \text{ cos } 37^\circ = P_y \end{cases}$ - $\mu = 0.2$ - Inclinación = $37^\circ$ $P = m \cdot g$
Teorías, Principios o Leyes: - Trigonometría - Dinámica - Cinemática - Leyes de Newton - Sistema de referencia	Preguntas clave: a) la aceleración b) $t$ en recorrer 50 m c) $V$ en los 5 m d) $F$ ? para tener $a = \text{const.}$	Transformaciones: a) se trata de un problema de dinámica por lo que aplicaremos la 2ª Ley de Newton. - descomponemos las fuerzas en ejes (x e y) Ejes $\begin{cases} x \rightarrow P_x \text{ sen } 37^\circ - F_r = m \cdot a \\ y \rightarrow N - P \text{ cos } 37^\circ = 0 ; N = P \text{ cos } 37^\circ = m g \text{ cos } 37^\circ \\ m g \text{ sen } 37^\circ - \mu \cdot m g \text{ cos } 37^\circ = m \cdot a \\ m g (\text{sen } 37^\circ - \mu \text{ cos } 37^\circ) = m \cdot a \\ [a = 9.8 (\text{sen } 37^\circ - 0.2 \text{ cos } 37^\circ) = 4.33 \text{ m/s}^2] \end{cases}$
Conceptos: - Fuerzas (N, P, $F_r$ , $\mu$ ) - Grados - masa		Resultados y afirmaciones de valor: a) la aceleración del cuerpo es de $4.33 \text{ m/s}^2$ b) El tiempo que tarda en recorrer el plano es de $2.15 \text{ s}$ c) la velocidad en el punto medio del plano es de $6.58 \text{ m/s}$ d) la fuerza que hay que aplicar es de $86.65 \text{ N}$ .

b) Ahora se trata de un problema de cinemática. Sustituimos los datos en la fórmula del movimiento para hallar el tiempo

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$10 = 0 + 0t + \frac{1}{2} \cdot 4'33 \cdot t^2$$

$$t = \pm \sqrt{\frac{2 \cdot 10}{4'33}} = \pm 2'15 \text{ s} \rightarrow \text{cogemos el tiempo positivo}$$

$$t = 2'15 \text{ s} \rightarrow \text{tiempo que tarda en recorrer el plano}$$

c) Sigue siendo un problema de cinemática

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$5 = \frac{1}{2} \cdot 4'32 \cdot t^2$$

$$t = \pm \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{4'32}} = \pm 1'52 \text{ s, cogemos la positiva}$$

$$t = 1'52 \text{ s}$$

$$v = v_0 + at$$

$$v = 0 + 4'33 \cdot 1'52 = 6'58 \text{ m/s}$$

d) Problema de dinámica  $\rightarrow$  Aplica mos la 2ª Ley de Newton

- descomponemos en ejes

$$x \rightarrow P \text{ sen } 37^\circ - F_R - F_1 = m \cdot a$$

$$y \rightarrow N - P \text{ cos } 37^\circ = 0; N = mg \text{ cos } 37^\circ$$

$$mg \text{ sen } 37^\circ - \mu mg \text{ cos } 37^\circ - F_1 = 0$$

$$F_1 = mg (\text{sen } 37^\circ - 0'2 \text{ cos } 37^\circ)$$

$$F_1 = 20 \cdot 9'8 (\text{sen } 37^\circ - 0'2 \text{ cos } 37^\circ) = 86'65 \text{ N}$$

## Referências

- [1] F.M. González, *El Mapa Conceptual y el Diagrama V. Recursos para la Enseñanza del Siglo XXI* (Narcea, Madrid, 2008).
- [2] J.D. Novak, *Aprendiendo a Aprender* (Martínez Roca, Barcelona, 1988).
- [3] D. Ausubel, *The Psychology of Meaningful Learning* (Grune and Stratton, Oxford, 1963).
- [4] <http://cmc.ihmc.us/>.
- [5] M.L. Rodríguez Palmero, *La Teoría del Aprendizaje Significativo en la Perspectiva de la Psicología Cognitiva* (Octaedro, Barcelona, 2008).
- [6] D.B. Gowin, *Educating* (Cornell University Press, Ithaca, New York, 1981).
- [7] V. Ayma Giraldo, *Aulas de Laboratorio Usando Material Experimental Conceptual* (Instituto de Física y Facultad de Educación. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Sao Paulo, 1996).
- [8] M. Moreira, *Pesquisa em Ensino - O Vê Epistemológico de Gowin* (Editora Pedagógica Universitaria. Brasil, 1990).
- [9] W. Palomino Noa, *El Diagrama V de Gowin como Instrumento de Investigación y Aprendizaje* (2003) [http://www.colombiaaprende.edu.co/html/docentes/1596/articles-96727\\_archivo.doc](http://www.colombiaaprende.edu.co/html/docentes/1596/articles-96727_archivo.doc).
- [10] S. López Ríos, E.A. Veit e I. Solano Araujo, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **10**, 202 (2011).
- [11] R. Chrobak y A.B. Prieto, *Proc. of Fourth Conference on Concept Mapping* (Viña del Mar, Chile, 2010), p. 273-280.
- [12] G. Rodríguez Palmero y M.L. Rodríguez Palmero, *Investigações em Ensino de Ciências*. **3**, disponible em [http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol13/n3/v3\\_n3\\_a3.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol13/n3/v3_n3_a3.htm).
- [13] B.D. Guardián Soto, R. Osornio Soto, V.M. Ignacio Espinoza, F. González García, *Proc. of Fourth Conference on Concept Mapping* (Viña del Mar, Chile, 2010), p. 222-229.
- [14] I. Sanabria, M.S. Ramírez, *Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping* (Pamplona, España, 2004).
- [15] J. Gil y F. Solano, in: *XXXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física* (RSEF, Santander, 2011).
- [16] C. Escudero, *Cad. Cat. Ens. Fís.* **12**, 95 (1995).
- [17] M.S. Aguirre, S.J. Meza, I. Lucero, *La Potencialidad de la V de Gowin en la Resolución de Problemas*, disponible em <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/humanidades/h-014.pdf>.
- [18] C. Escudero y M.A. Moreira, *Enseñanza de las Ciencias* **17**, 61 (1999).
- [19] S. Krulik and K. Rudnik, *Problem Solving in School Mathematics. National Council of Teachers of Mathematics* (Year Book, Reston, 1980).
- [20] M. Selvaratnam, *Education in Chemistry* 125-128 (1983).
- [21] A. Oñorbe de Torre, *Enseñanza de las Ciencias* **14**, 165 (1996).
- [22] I. Brincones, F. Álvarez, J.J. Blanco, J. Blázquez, M.A. Hidalgo, J.M. Quero, J.M. Peco, *XXXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física* (RSEF, Santander, 2011).
- [23] J. Guisasola, A. Gras-Mart, J. Martínez-Torregrosa, J.M. Almudí y C. Becerra Labra, *Revista Brasileira de Física* **26**, 197 (2004).
- [24] J. Benegas. *Lat. Am. Phys. Educ.* **1**, 32 (2007).
- [25] A.T. Borges, O. Borges e A. Vaz, *Revista Brasileira de Física* **27**, 435 (2005).
- [26] J. Benegas, M. Pérez de Landazábal y J. Otero, *Rev. Mex. Fís.* **56**, 12 (2010).
- [27] J. Guisasola, M. Ceberio, J.M. Almudí y J.L. Zubimendi, *La Enseñanza de Resolución de Problemas de Física en la Universidad* (Octaedro, Barcelona, 2007).
- [28] D. Gil Pérez, A. Dumas Carré, M. Caillot, J. Martínez Torregrosa, L. Ramírez Castro, *Investigación en la Escuela* **6** (1988).
- [29] F. Lang da Silveira, M.A. Moreira y R. Axt, *Enseñanza de las ciencias* **10**, 58 (1992).

- [30] J.LL. Domenech, D. Gil-Pérez, A. Gras-Martí, J. Guisasola, J. Martínez-Torregrosa, J. Salinas, R. Trumper, P. Valdés y A. Vilches, *Science & Education* **16**, 43 (2007).
- [31] C. Becerra-Labra, A. Gras-Martí y J. Martínez-Torregrosa, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **32**, 2401 (2010).
- [32] L.M. Tobaja, J. Gil, F. Solano y P. Monfort, *XXXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física* (RSEF, Santander, 2011).
- [33] <http://www-01.ibm.com/software/es/analytics/spss/>.
- [34] M. Sandoval y C. Mora, *Lat. Am. Phys. Educ.* **3**, 647 (2009).
- [35] J. Gil, A.L. Pérez, M.I. Suero, F. Solano y P.J. Pardo, *Int. J. Engng. Ed.* **26**, 628 (2010).