

# Implementación de una renovación metodológica para un aprendizaje significativo en Física I



Sánchez Soto, Iván<sup>1</sup>, Moreira, Marco Antonio<sup>2</sup>, Caballero Sahelices, Concesa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Bío Bío, Collao 1202; Concepción, Chile.

<sup>2</sup>Instituto de Física de la UFRGS, Porto Alegre, Brasil.

<sup>3</sup>Universidad de Burgos, Burgos, España.

E-mail: isanchez@ubiobio.cl

(Recibido el 18 de Marzo de 2011; aceptado el 28 de Junio de 2011)

## Resumen

En este trabajo, que forma parte de una investigación más amplia, se presenta el diseño e implementación de una metodología innovadora para un aprendizaje significativo mediante la resolución de un problema integrador contextualizado (ASARPIC) como eje conductor de la asignatura. Este problema se estructura en una secuencia de contenidos que representan un desafío a resolver a lo largo del semestre, asociados a problemas más específicos relacionados entre sí. Los resultados de investigaciones previas en este campo muestran que, los estudiantes logran cambios significativos en el rendimiento académico, estrategias de aprendizaje, y niveles de comprensión en esta asignatura [1, 2, 3, 4]. Esta propuesta de innovación metodológica se sustenta en tres ejes teóricos: el aprendizaje significativo de Ausubel, de la interacción social Vygotsky y el enfoque del aprendizaje a través de resolución de problemas. Se exponen algunos problemas abordados mediante ASARPIC.

**Palabras clave:** Metodología activa, aprendizaje significativo, resolución de problemas.

## Abstract

In this study, which is part of a broader investigation, we present the design and implementation of an innovative methodology for meaningful learning, by means of the resolution of an integrative problem in context (ASARPIC) as the conductive axis of the subject matter. This problem is structured in a sequence of contents that represent a challenge to be solved along the semester, associated to more specific problems that are related to each other. The results of previous investigations in this field showed that the students achieve significant changes in academic performance, learning strategies, and levels of comprehension in this subject [1, 2, 3, 4]. This methodological innovation proposal is sustained by three theoretical axes: meaningful learning of Ausubel, social interaction of Vygotsky and the approach of learning through problem solving. Some examples of problems approached by means of ASARPIC are provided.

**Keywords:** Active methodology, meaningful learning, problem solving.

**PACS:** 01.40.gb, 01.50-i, 01.55.+b

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las Universidades a nivel internacional y, en particular, las chilenas están insertas en transformaciones del sistema educativo, estructurado en torno al aprendizaje del estudiante; sus experiencias de aprendizaje y su transformación, son el verdadero desafío de la educación superior, más imperiosa y urgente en el contexto de esta nueva generación de estudiantes. Según [2], este proceso de mejora debe ser interactivo y se sustenta en los siguientes principios: a) mayor implicación y autonomía del estudiante; b) utilización de metodologías activas de trabajo en equipo, tutorías, seminarios, etc.; c) el docente debe ser un agente creador de escenarios de aprendizaje que estimulen a los alumnos.

La resolución de problemas es una de las características más relevantes de la enseñanza de la Física, su importancia en el contexto de aula también se ha trasladado al ámbito de

la investigación del aprendizaje, encontrándonos con una de las líneas tradicionales más prolíficas y presentes. Según [5] el ámbito de investigación, no obstante, presenta algunas deficiencias, como es el caso del trabajo con estudiantes universitarios. Como prueba de ello, una búsqueda realizada en la base de datos ERIC con los descriptores: “problem solving and physics and university” entre los años 1992-2002 arrojó un total de tan sólo 61 referencias. La mayoría de las investigaciones se centran en la Educación Secundaria, como si en la Universidad se diera por supuesto la ausencia de dificultades en este terreno [5].

En España y Chile, por ejemplo, se encontraron con la paradoja de que, frente a una enseñanza universitaria de la Física centrada en gran medida en la resolución de problemas, se deja el aprendizaje en manos de profesores que los resuelven mecánicamente en la pizarra [5, 6, 3].

Normalmente en las aulas no se enseña a resolver problemas, es decir, a enfrentarse a situaciones

desconocidas ante las cuales el alumno se siente inicialmente perdido, sino que los profesores explican soluciones perfectamente conocidas y que, por supuesto, no generan ningún tipo de dudas ni exigen tentativas [7]. Al resolver estos problemas el profesor pretende que el estudiante vea con claridad el camino a seguir para resolverlo; consecuentemente, los estudiantes pueden aprender dicha solución y repetirla ante situaciones prácticamente idénticas, pero no aprenden a abordar un verdadero problema y cualquier cambio pequeño les supone dificultades insuperables, provocando manipulaciones no significativas de datos, fórmulas e incógnitas, que a menudo, lo llevan al abandono del problema y de la asignatura.

Lo anterior trae como consecuencia generar enfoques educativos innovadores centrados en el estudiante y su aprendizaje, en los procesos de construcción de conocimientos y no sólo en su transmisión. En este marco de referencia, se diseña y construye una renovación metodológica distinta, centrada en un marco colaborativo para alcanzar el “aprendizaje significativo a través de la resolución de un problema integrador y contextualizado” (ASARPIC) por investigación, que se articula en una serie jerárquica de problemas más acotados en contenido cuya solución contribuye a resolver el problema integrador [3, 8, 9]. Con esta renovación se pretende evitar el riesgo de realizar un cambio exclusivamente formal, olvidándonos de lo que ocurre en las aulas universitarias.

En el ASARPIC se trabaja en el aula en grupos de 4 alumnos de forma colaborativa, que investigan los conceptos y contenidos desconocidos, para luego resolver las actividades de aprendizaje (A.A) abiertas y cerradas, programadas para trabajar cada contenido en profundidad. La finalidad es favorecer el aprendizaje significativo de conceptos, procedimientos y actitudes propias de la Física, en concordancia con las nuevas tendencias de la didáctica de las ciencias [4].

La innovación metodológica ASARPIC, plantea abordar, la mayor parte de los contenidos a enseñar y aprender (E-A) en Física I, de nivel universitario a partir de problemas. Los contenidos que se abordan son: parámetros de cinemática, tipos de movimiento, cantidad de movimiento lineal o momento, impulso, fuerza, trabajo, potencia, energía, principios de conservación, dinámica de cuerpo rígido, etc.

En el ASARPIC el problema integrador y los problemas más específicos son diseñados a partir de una noticia o situación del mundo real, éste debe integrar el máximo contenido posible; a partir de él se reconocen los contenidos que se tratarán en el curso, y se diseñan nuevos problemas más específicos entramados dentro del gran problema. Estos problemas más específicos son presentados en secuencia para lograr abarcar la mayor cantidad de contenidos del programa del curso. Abordar estas situaciones implica identificar las ideas previas y los contenidos que cada alumno o grupo de alumnos deben investigar. Además, se considera la resolución de actividades de aprendizaje para la apropiación de los

contenidos, que aporten conocimientos para resolver el problema integrador.

El rol del docente en el ASARPIC es un mediador, que promueve la discusión (en la sesión de trabajo) en el grupo para negociar significado. El docente no es la autoridad del curso y los alumnos sólo se apoyarán en él para la búsqueda de información.

Los problemas presentados son utilizados como base para identificar los contenidos necesarios para su estudio, de manera independiente o en grupo, teniendo presente que el objetivo no es resolver el problema, ya que estos son utilizados para gatillar la necesidad de cubrir los objetivos de aprendizaje de la unidad programática a tratar. A lo largo del trabajo los alumnos, en grupo, van: adquiriendo responsabilidad y confianza.

El ASARPIC, presenta un paradigma alternativo al tradicional que se enmarca dentro de un modelo educativo centrado en el aprendizaje, que permite a los estudiantes: adquirir conceptos y aplicarlos a nuevas situaciones, conseguir información de diversas fuentes y recursos; jugar un rol activo en el proceso de buscar alternativas, investigar, proponer soluciones y analizar situaciones de manera colaborativa, sirviéndose de las ventajas que le ofrecen las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación. Se postula que este modelo responde más a las necesidades del mundo del trabajo, al contexto social y a las propias características de los estudiantes.

Es preciso subrayar que, en la propuesta, no se concibe a los alumnos y alumnas como investigadores autónomos trabajando en la frontera del conocimiento (ni tampoco como simples receptores), pues esto presenta graves limitaciones y no resulta útil para organizar el trabajo de los estudiantes. Una mejor comprensión y adquisición de conocimiento en el aula, se logra al concebir a los estudiantes con un rol de investigadores, ordenados en equipos, que abordan problemas de interés, interaccionando con los otros equipos y con el resto de la comunidad, el profesor y los libros de textos.

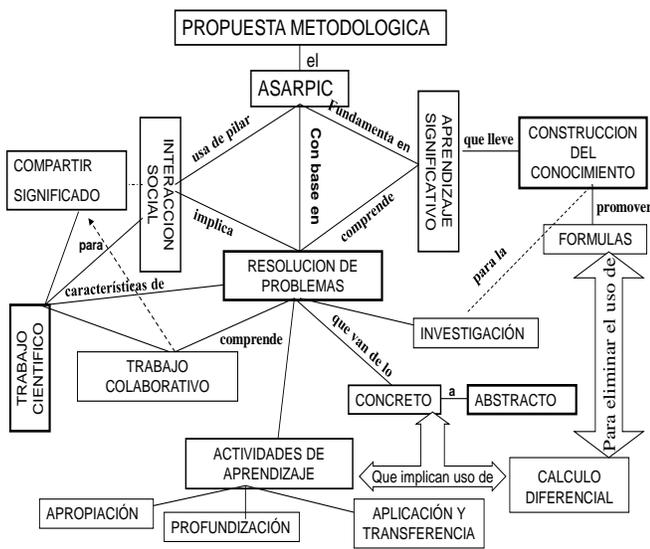
Los resultados alcanzados después de 10 semestres de aplicar el ASARPIC para E-A los contenidos de Física I a los estudiantes de Ingeniería de la Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile son muy animadores. Aquí se busca nivelar los conocimientos previos, competencias básicas y genéricas de los estudiantes de nuevo ingreso a las carreras de ingeniería civil de la UBB, y así mejorar el rendimiento académico, la tasa de aprobación y retención de la asignatura sin aumentar las horas de clase, agregando cursos de introducción o talleres paralelo. La regulación del aprendizaje bajo ASARPIC se realiza de forma continua con resultados alentadores, alcanzado cambios en la tasa de retención, rendimiento académico.

## II. MARCO TEÓRICO

Durante los últimos años, múltiples investigaciones en el proceso de E-A manifiestan la importancia de las ideas previas de los alumnos [10, 11]. En estas propuestas de renovación metodológica, es preciso identificar y

considerar las ideas con que los estudiantes ingresan al aula y los contenidos a enseñar, para seleccionar y organizar las AA que se van a diseñar y elaborar para promover el aprendizaje significativo. Los conocimientos previos tienen sentido para los estudiantes y son utilizados para construir nuevos significados.

En la Fig. 1, [12], se presenta los ejes estructuradores de la propuesta de renovación metodológica en resolución de problemas, que se sustenta en las teorías del aprendizaje significativo de Ausubel y de la interacción Social de Vygotsky. Se incluyen además las características del trabajo científico y trabajo colaborativo necesarias para compartir significados. Por otra parte, se consideran actividades de aprendizaje desde la exploración de las ideas previas a la transferencia de contenido.



**FIGURA 1.** Mapa conceptual que ilustra la propuesta de innovación metodológica de aula aplicada con base en problemas a resolver en el aula (Sánchez, 2007).

El aprendizaje significativo, según [13], se caracteriza por una interacción entre las ideas relevantes existentes en la estructura cognitiva y las nuevas informaciones, a través de las cuales éstas adquieren significados y se integran en la estructura cognitiva de manera no arbitraria y sustancial, contribuyendo a la diferenciación, elaboración y estabilidad de los conocimientos previos existentes.

La estructura cognitiva existente juega en el ASARPIC un papel decisivo. Lo que corrobora el hecho de que la solución de cualquier problema dado supone la reorganización del residuo de las experiencias previas, de modo que se ajuste a los requisitos concretos de la tarea planteada. Si los conocimientos previos existentes en la estructura cognitiva (conceptos, principios, leyes, etc.) “son claros, estables y diferenciables, facilitan la resolución de problemas. Sin tales conocimientos no es posible de hecho, ninguna resolución de problemas, independientemente del

grado de destreza que el alumno tenga en materia de aprendizaje por descubrimiento; más aún, ni siquiera podría empezar a entender la naturaleza del problema que enfrenta” [14, 15, 16].

En Física, como en otras disciplinas, la simple memorización de ecuaciones, leyes y conceptos puede tomarse como ejemplo típico de aprendizaje superficial y reiterativo. Otro ejemplo, es el de los alumnos que no consiguen resolver problemas o cuestiones que impliquen usar o transferir ese conocimiento y que argumentan que “lo saben todo”, pero en el momento de la evaluación no responden.

Para [15], otra condición necesaria para el aprendizaje significativo es que el alumno manifieste disposición para relacionar, de manera sustantiva y no arbitraria, el nuevo material, con su estructura cognitiva. Esta condición indica que, independientemente de que el material de E-A sea o no, potencialmente significativo, si la intención del estudiante es memorizarlo, tanto el proceso de aprendizaje como su producto serán superficiales y reiterativos.

Un material preparado para enseñar y aprender no es significativo en sí mismo, sólo es significativo cuando entra en interacción con las estructuras cognitivas de los estudiantes. Pero puede ser potencialmente significativo si presenta buena diferenciación entre los conceptos, adecuada organización jerárquica y una estructura clara en sus relaciones.

En la Fig. 2, se muestra la teoría del *aprendizaje significativo*; sobre él se encuentran las formas de aprendizaje: representacional, conceptual o de proposiciones, que a su vez pueden ser subordinados, supra/ordenados o combinatorios, considerando los principios que facilitan el aprendizaje, la reconciliación integradora y la diferenciación progresiva de los contenidos. En la parte inferior, se encuentran las condiciones para el aprendizaje significativo: el interés por aprender y el material de aprendizaje potencialmente significativo, es decir, con significado lógico y psicológico que debe interaccionar con la estructura cognitiva del alumno, donde existen conceptos o procedimientos previos, que él conoce. A través de éstos se explica la asimilación de conceptos y procedimientos, permitiendo las diferencias progresivas y la reconciliación integradora de los contenidos para la asimilación del conocimiento.

De lo anterior se deduce, que en el ASARPIC el aprendizaje significativo es posible. Los problemas a resolver que provienen de noticias o contextos conocidos de la especialidad, dan cuenta de conceptos o ideas previas relevantes en la estructura cognitiva del estudiante. Igualmente, el material presentado es potencialmente significativo y el estudiante tiene una mayor posibilidad de manifestar disposición para relacionar, de manera sustantiva y no arbitraria, el nuevo material.

El principio de la reconciliación integradora establece que al programar material de enseñanza, con base en un problema integrador de contenido y una serie de problemas más acotados, favorece la adquisición de aprendizaje significativo y evita fragmentar o separar ideas en temas particulares dentro de respectivos capítulos o subcapítulos;

Sánchez Soto, Iván, Moreira, Marco Antonio y Caballero Sahelices, Concesa este enfoque favorece el principio de diferenciación progresiva de los conceptos o contenidos del curso, que al abordarlos por medio de problemas más acotados se van diferenciando en el transcurso de la instrucción del semestre.

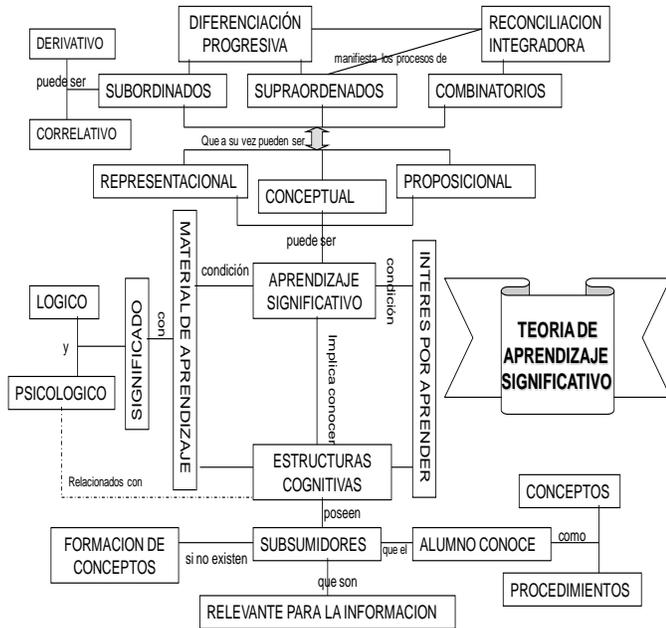


FIGURA 2. Mapa conceptual de la teoría de aprendizaje significativo (Sánchez et al., 2005).

Por otra parte, las prácticas en ASARPIC se entienden como situaciones de interacción social donde se trabaja de forma colaborativa; el lenguaje es imprescindible para comunicar, compartir experiencias y objetivos. A su vez, pueden dirigir, guiar, orientar, acompañar la acción, ayudando a explicar y a hacer consciente el proceso; de este modo los sujetos más competentes ayudan a los menos competentes a utilizar de manera adecuada los sistemas de signos con propósitos determinados ([17]).

El enfoque socio-cultural, derivado de la teoría de [18], aporta una determinada manera de ver y entender la enseñanza, el aprendizaje y el desarrollo de la persona como procesos que van unidos, configurando el proceso socializador de los sujetos.

Mediante la interacción y la actividad compartida, el docente procura la ayuda necesaria en el aula, para que el estudiante se apropie progresivamente del conocimiento. Así, muestra al estudiante modelos, le proporciona información adicional, reduciendo el grado de dificultad, para disminuir progresivamente la ayuda y asegurar el traspaso del control del proceso de aprendizaje del docente al estudiante.

Partiendo de los postulados de [18], cabe destacar el papel del docente en el proceso de aprender, ofreciendo una labor de andamiaje que apoyará al estudiante en su aprendizaje. Para entender el concepto de andamiaje, es preciso hacer referencia a otro punto clave en la teoría

denominada por el propio autor como Zona de Desarrollo Próximo (ZDP). Entendiendo por ésta, “la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un experto o en colaboración con otro compañero más capaz” [18].

De lo expuesto previamente se desprende que, el proceso de aprendizaje se concibe como una construcción personal, mediada por la interacción social y por los signos, luego, el proceso de enseñar y aprender se concibe como un proceso comunicativo, una construcción conjunta que implica negociación de significados.

En el mapa conceptual de la Fig. 3, se muestran los elementos fundamentales de la teoría de Vygotsky, donde el aprendizaje se adquiere a través de la interacción social, a partir de una necesidad, y del trabajo colaborativo, relacionando los conocimientos previos y la experiencia personal.

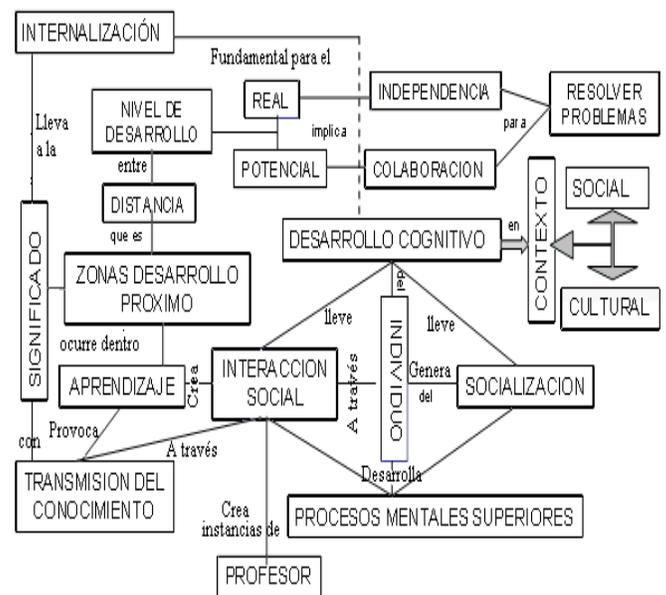


FIGURA 3. Mapa conceptual sobre la teoría de Vygotsky (Sánchez et al., 2005).

El concepto principal en el mapa es la interacción social, donde se promueve la adquisición del aprendizaje dentro de las zonas del desarrollo próximo, provocando la transmisión de conocimientos con significados, que lleva a la internalización de los contenidos, que es fundamental para el desarrollo cognitivo dentro de un contexto social y cultural. Por otra parte, esta interacción genera socialización y desarrolla los procesos mentales superiores. Aquí, la función del docente es crear instancias para que se dé la interacción social dentro del aula. Es decir, se aprende con los demás de forma colaborativa e interactiva, lo que promueve el aprendizaje autónomo de conceptos y procedimientos. La unidad de análisis es la interacción social, donde se produce el cambio de información entre los individuos, que es el medio fundamental para transmitir

conocimientos y adquirir aprendizaje con significados, para lo cual se deben captar los significados compartidos socialmente.

En el ASARPIC, la responsabilidad del aprendizaje se “traspasa” y corresponde al estudiante, que es el encargado de captar significados. El docente tiene la función de crear entornos de aprendizaje donde se fomente la participación activa de los estudiantes, para así promover el control de su propio aprendizaje, creando instancias de interacciones múltiples entre profesor, material educativo y alumno, con el objetivo de compartir significados en la clase, fomentando la naturaleza social del aprendizaje [18].

### III. PROPUESTA DE RENOVACIÓN METODOLÓGICA

En un curso centrado en la transmisión tradicional del contenido, el alumno es un sujeto pasivo dentro del grupo curso, que recibe la información por medio de lecturas, de la exposición del profesor y, en algunos casos, de sus compañeros. Ante esto que aún es vigente, en buena medida, en nuestras universidades surge la presente propuesta de innovación que pretende facilitar el aprendizaje significativo mediante la resolución de un problema integrador de contenido, por investigación, en lo posible contextualizado a la especialidad y que permite identificar y estructurar los contenidos y los procedimientos de la disciplina en una serie jerárquica de problemas más acotados, entramados entre sí, que son el eje conductor de la asignatura y permiten avanzar en la solución del problema integrador. Aquí, es el alumno quien busca la información necesaria para resolver los problemas que se le plantean, adquiriendo un aprendizaje significativo a partir de las diferentes áreas de conocimiento. En el mapa conceptual de la Fig. 4, se muestra la estructura de la propuesta metodológica innovadora ASARPIC.

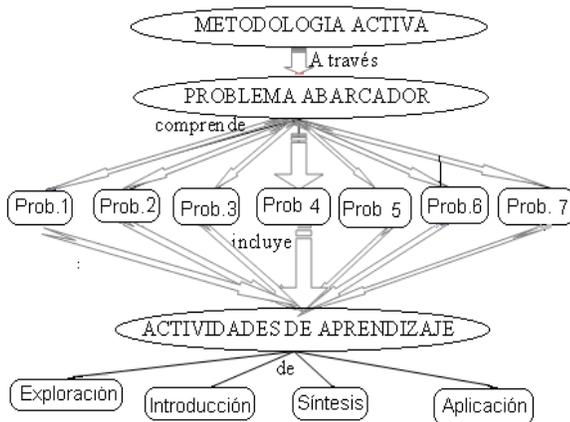


FIGURA 4. La forma de trabajar en el aula a partir de un problema integrador y problemas más acotados con sus actividades de aprendizaje (Sánchez *et al.*, 2006).

Según [19, 20], la metodología ASARPIC tiene implícito en su dinámica de trabajo el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que permiten la mejora de forma integral (personal y profesional) del alumno.

La dinámica del método en el aula para enseñar y aprender Física de forma activa y participativa, se ilustra en la Fig. 5, [1] donde se promueve el trabajo colaborativo y la interacción social al resolver problemas que, por una parte, son contextualizados a partir de una noticia del mundo real (de un periódico, revista, TV, etc.) que, en lo posible, sea motivadora y facilite la interacción entre las ideas previas y los nuevos conocimientos, condición necesaria para el aprendizaje significativo; por otra parte, el alumno es quien resuelve los problemas investigando uno o más contenidos en grupos y compartiendo significados a través del trabajo colaborativo [21], lo que estimula la interacción social, el compartir significados y adquirir aprendizaje significativo.

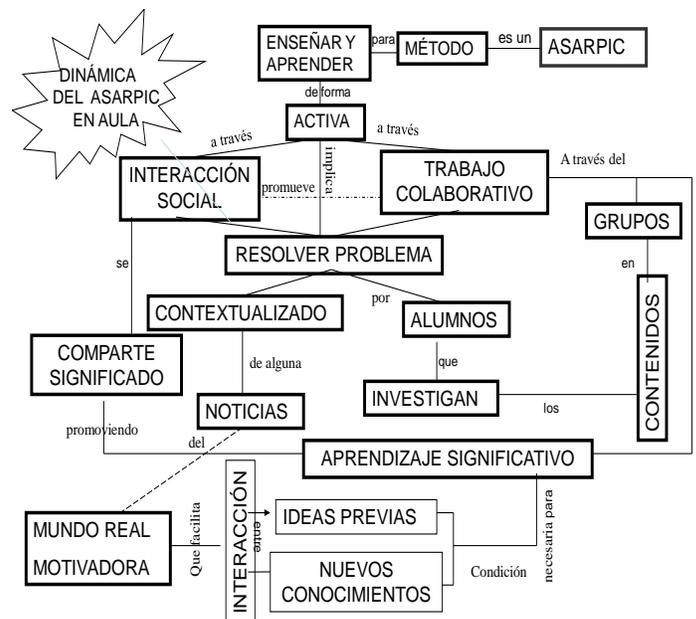


FIGURA 5. Mapa conceptual de la dinámica de la propuesta con base en problemas a resolver en el aula (Sánchez *et al.*, 2005)

La propuesta ASARPIC se implementa cada semestre con un total aproximado de 180 estudiantes distribuidos en tres grupos de 60 alumnos, que son los que ingresan en la titulación de Ingeniería Civil en la Universidad del Bío-Bío de Concepción, Chile, y que deben cursar la asignatura de Física General I.

### IV. IMPLEMENTACIÓN DEL ASARPIC

En base a los resultados previos obtenidos en la aplicación del ASARPIC [2, 8, 3, 4], se puede afirmar que la metodología basada en resolución de problemas, produce una evidente mejora en las prácticas pedagógicas y el aprendizaje es más estable y duradero. Por otra parte, desarrolla capacidades para el trabajo en equipo, de

Sánchez Soto, Iván, Moreira, Marco Antonio y Caballero Sahelices, Concesa comunicación oral y escrita en los estudiantes.

Si bien el ASARPIC puede ser implementado de muchas formas en el aula, es común utilizar una secuencia de tres etapas, que describimos a continuación:

a) Grupal. En esta etapa se presenta al equipo un texto que describe una situación o problema. A continuación, los estudiantes deben definir la(s) pregunta(s) de investigación expuestas en el texto, concretar la finalidad del aprendizaje y asignar tareas a investigar por los integrantes del equipo.

b) Trabajo individual. Los alumnos investigan las materias asignadas; y

c) Grupal de socialización de contenidos. Corresponde, en esta etapa, compartir los conocimientos adquiridos en la investigación para la resolución del problema propuesto.

Se puede regresar a la primera etapa para una nueva interacción hasta obtener todos los elementos necesarios [22, 23].

A partir de la presentación del problema integrador y contextualizado, se inicia el estudio de la Mecánica, identificando, en primer lugar, los contenidos a abordar e investigar, lo que se realiza a través de una lluvia de ideas, donde surgen los conocimientos previos y los contenidos a investigar que se asocian a problemas más específicos a resolver, y que son parte del problema integrador.

Para alcanzar la solución de cada problema propuesto y lograr el aprendizaje significativo de los contenidos, se debe seguir el siguiente programa de actividades:

- Presentación del Problema, aquí se debe aclarar los términos y conceptos que no se entienden y *definir el problema*.
- Identificación de conocimientos previos.
- Puesta en común de los conocimientos previos.
- Analizar el problema* e identificación contenido a investigar y *objetivos de aprendizaje*.
- Investigación de contenidos asignados en forma individual. *Ordenar ideas y analizarlas en profundidad sistemáticamente*.
- Trabajo colaborativo, compartiendo significado de contenido investigado.
- Sintetizar y comprobar la nueva información*.

Para ilustrar algunas características del ASARPIC, se considera el siguiente escenario: la generación de electricidad en una central hidroeléctrica y su funcionamiento en los alrededores de la ciudad de Concepción, Chile. A continuación se exponen ejemplos de la forma en que se abordan los contenidos en el aula a través del ASARPIC, siguiendo el programa de actividades, donde lo alumnos en equipos colaborativos asumen responsabilidades y buscan información en libros de textos y apuntes entregados para, finalmente, compartir significados con su grupo y presentar los resultados al grupo curso en la puesta en común.

Se presentan ahora, algunos de los problemas trabajados mediante ASARPIC:

Problema N°1, expuesto en la Fig. 6, donde se muestra un esquema de una central hidroeléctrica (para estudiar las cantidades físicas en Cinemática).

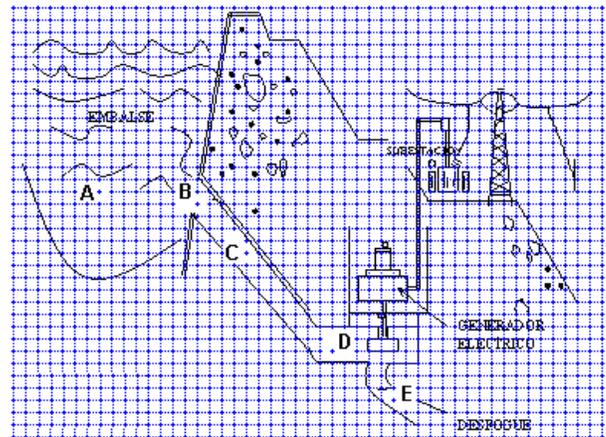


FIGURA 6. Central Eléctrica.

Cuestionario.

- Escriba una lista de parámetros físicos involucrados en el movimiento del agua en la represa hasta que ingresa a la sala de turbina?
- ¿Qué puede decir de la rapidez y la velocidad en este recorrido?
- ¿Qué parámetros físicos permiten describir el movimiento de la gota de agua?
- ¿Depende la velocidad de las gotas de agua del punto de referencia?
- Puesta en común, discusión socializada de respuestas.

#### A. Actividades de Aprendizaje

- Ubiquen un sistema coordenado en la figura mostrada, asigne un valor al largo de cada cuadrado
- Suponga que una molécula de agua se mueve y pasa por los lugares mostrados por las letras (A, B, C, D y E).
- Asigne valores para el instante de tiempo en que la partícula pasa por aquellas ubicaciones.
- Dibuje cada uno de los vectores posición para su sistema de referencia.

Con su grupo de trabajo buscar alguna forma de expresar cada vector posición.

$$\vec{r}_A = \quad ; \vec{r}_B = \quad ; \vec{r}_C = \quad ; \vec{r}_D = \quad ; \vec{r}_E = \quad$$

- Dibuje el vector desplazamiento de la partícula en cada tramo.

Con los integrantes del grupo, buscar alguna estrategia para establecer las coordenadas del vector desplazamiento en cada tramo.

$$\Delta\vec{r}_{AC} = \quad ; \Delta\vec{r}_{AD} = \quad ; \Delta\vec{r}_{BD} = \quad ; \Delta\vec{r}_{CE} = \quad$$

- Como se puede encontrar de forma aproximada la trayectoria o distancia recorrida por la gota de agua en cada tramo

$$\Delta S_{AC} = \quad ; \Delta S_{BD} = \quad ; \Delta S_{CD} = \quad ; \Delta S_{EC} = \quad$$

- g) Buscar información acerca del concepto de rapidez media y velocidad media, y encuentren una forma de establecer los valores de la rapidez media en:  
 $\vec{v}_{M(AC)} =$  ;  $\vec{v}_{M(BD)} =$  ;  $\vec{v}_{M(BE)} =$  ;  $\vec{v}_{M(CD)} =$
- h) Indicar en qué se diferencia la rapidez media y velocidad media, y buscar una expresión para la velocidad media de la partícula en cada tramo:  
 $\vec{v}_{(AC)} =$  ;  $\vec{v}_{(BD)} =$  ;  $\vec{v}_{(BE)} =$  ;  $\vec{v}_{(CD)} =$
- i) Asigne un nuevo origen al sistema coordenado.
- j) Encuentre los valores de la rapidez media y velocidad media de la partícula en los tramos usados en d).
- k) ¿Qué puede decir de la velocidad y rapidez media obtenida en ambos sistemas de referencia?
- l) Suponga que una gota de agua se mueve describiendo una trayectoria en tridimensional dada por.  $\vec{r}(t) = 3\hat{i}t^2 - (4 - 2t)\hat{j} + 2t\hat{k}$  [m], entonces con su grupo describa estrategias de solución para cada caso.
- i) El desplazamiento para  $2[s] \leq t \leq 4[s]$ .
- ii) su velocidad media para  $2[s] \leq t \leq 4[s]$ .
- iii) La velocidad para todo instante de tiempo.
- iv) la aceleración media para  $2[s] \leq t \leq 4[s]$ .
- v) La aceleración para todo instante de tiempo.

**Problema N° 2.** Considere la situación de la central hidroeléctrica de la Fig. 7.

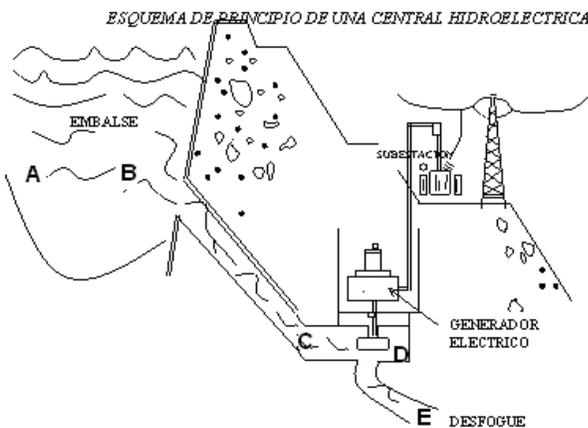


FIGURA 7. Central Hidroeléctrica.

En su grupo discuta y responda el Cuestionario

- a) ¿Qué puede decir de la rapidez y la velocidad en este recorrido?
- b) ¿Qué tipos de movimiento puede adquirir el agua en su viaje por la central?
- c) ¿En qué tramos la velocidad del carro: **i)** aumenta; **ii)** disminuye; **iii)** puede permanecer constante?
- d) ¿En qué tramos la aceleración del carro: **i)** es variable; **ii)** es constante; **iii)** es nula?
- Puesta en común, discusión socializada de respuestas, identificando conceptos previos y los nuevos que se deben investigar en grupos de trabajo colaborativos.

## B. Actividades de aprendizaje

- a) Asigne un valor de velocidad para una gota de agua en movimiento en el tramo AB (constante) y, a partir de la lectura y análisis del grupo de material de apoyo, encuentre las ecuaciones de movimiento posición, velocidad y aceleración para todo instante de tiempo.
- b) En acuerdo con el grupo escriban una expresión para la posición del carro en el tramo BC y encuentren, por medio del cálculo diferencial, las expresiones que describan el movimiento del carro en cada instante de tiempo.
- c) Asignen, en acuerdo con su grupo de trabajo, un valor de aceleración para el carro en el tramo AB y otra para el tramo BC, y los valores de velocidad y posición iniciales para un tiempo  $t$  y encuentren, por medio del cálculo diferencial, las expresiones matemáticas que describen el movimiento para todo instante de tiempo.
- d) Supongan que una molécula de agua se mueve, según la siguiente ecuación de velocidad y que para el instante  $t=0[s]$  la molécula se encuentra a  $-3[m]$  del origen del sistema de referencia. Entonces  $\vec{v}(t) = (110 - 5t)\hat{i}$  [m/s].
- d1) Discuta con sus compañeros la forma de encontrar la posición y aceleración para todo instante de tiempo.
- d2) Cual es la velocidad y aceleración para los instantes  $t_1 = 10[s]$  y  $t_2 = 30[s]$ .
- d3) Con sus compañeros encuentren la distancia que hay desde el origen del sistema de referencia con el instante en que la molécula de agua cambia el sentido de movimiento.
- d4) Representen sus resultados a través de gráficos 1)  $(r(t) \text{ v/s t})$ ; 2)  $(v(t) \text{ v/s t})$  y 3)  $(a(t) \text{ v/s t})$ .
- d5) Con su grupo planteen una secuencia lógica y ordenada de actividades para resolver el problema.

**Problemas N.3.** Por el embalse de la Fig. 8, que representa una central hidroeléctrica, entra el agua hacia una turbina que hace girar a su vez un alternador. La energía mecánica del agua, es convertida en energía eléctrica por el alternador. Este, a su vez, envía la energía a un transformador para ser repartida a la red eléctrica y alimentar fábricas y hogares.

Con sus compañeros de grupo respondan el Cuestionario

- a) ¿Qué puede decir de la velocidad del agua?
- b) ¿Qué tipo de movimiento puede adquirir la turbina?
- c) ¿La velocidad lineal que adquiere la turbina permanece constante o varía?
- d) ¿La rapidez lineal que adquiere la turbina permanece constante o varía?
- e) ¿Qué puede decir de la aceleración en este recorrido si la rapidez permanece constante?

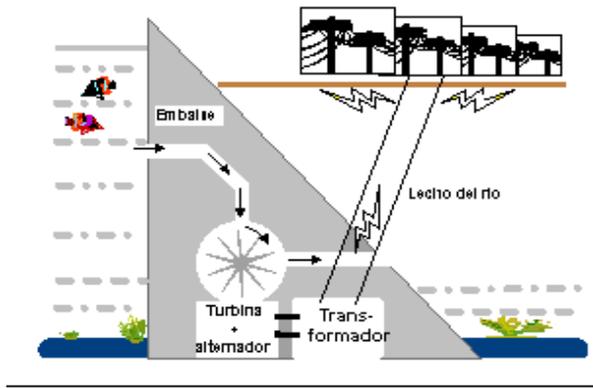


FIGURA 8. Turbina en Central hidroeléctrica.

**Actividades de Aprendizaje.** Busque información para defender su posición frente a sus compañeros en una discusión para responder a los siguientes interrogantes.

- ¿Existe alguna relación entre la rapidez lineal del agua que golpea la turbina y la rapidez angular que adquiere está?
- ¿Qué hace que una partícula o punto en el borde de una paleta de la turbina varíe su velocidad?
- ¿Qué hace que una partícula o punto en el borde de una paleta de la turbina varíe el módulo de su velocidad?
- ¿Cómo se obtiene la rapidez lineal y el número de vueltas en el movimiento circular?
- Suponga que la turbina se mueve de forma tal que la dirección del vector posición está dada por la ecuación:

$$\theta(t) = \begin{cases} -(\pi/16)t^2 + 0,5\pi t - 0,5\pi & \text{si } 0 \leq t \leq 4[s] \\ (\pi/16)t^2 - 0,5\pi t + 1,5\pi & \text{si } t > 4[s] \end{cases}$$

- ¿Se puede determinar  $\omega$  para los instantes: 3[s], 6[s] y 9[s]?
- Con sus compañeros buscar la forma de encontrar el valor de  $\bar{\omega}$  en los intervalos:  $1 \leq t \leq 3[s]$  y  $5 \leq t \leq 7[s]$ .
- Cual es el valor de  $\bar{\alpha}$  para los intervalos:  $1 \leq t \leq 3[s]$  y  $5 \leq t \leq 7[s]$ .
- Encuentren los vectores unitarios  $\hat{\theta}(t)$  y  $\hat{r}(t)$  para los instantes: 2[s] y 6[s].
- Establezca el vector  $\vec{\alpha}$  para los instantes: 2[s] y 6[s].
- Cual es el valor de  $\vec{V}(2)$ ;  $\vec{V}(6)$ .
- Cual es el valor de  $\vec{a}(2)$ ;  $\vec{a}(6)$ .

## V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en los últimos 5 años por dos carreras de Ingeniería Civil a las cuales se ha implementado una renovación metodológica activa además de un nueva carrera que ingresa al programa a partir del 2009. Los resultado obtenidos se recogen desde un año antes de la

implementación Piloto de la propuesta ASARPIC realizada el 2006, con dos carreras de Ingeniería Civil de la universidad del Bío Bío que evoluciono hacia una renovación sistemática a partir del segundo semestre del 2008 al 2010, los resultados han sido alentadores, el ASARPIC se transformando en un programa de apoyo para el éxito académico de los alumnos de nuevo ingreso como se muestra en la figura 9.

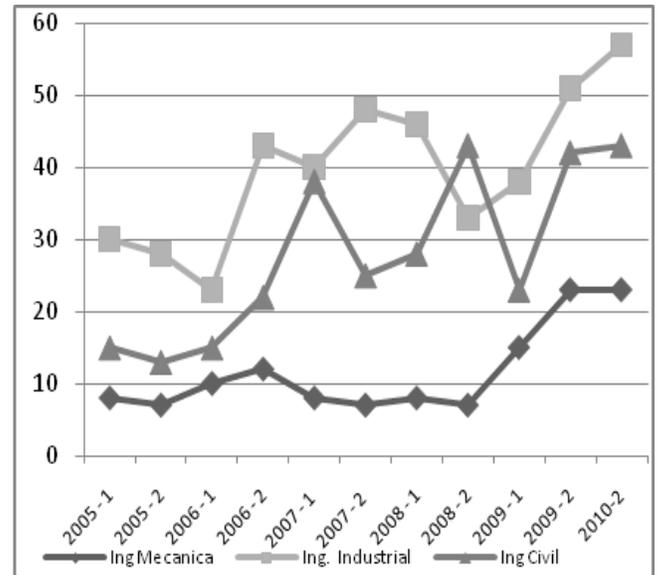


FIGURA 9. Muestra el gráfico rendimiento académico versus numero alumnos aprobados por semestre obtenido en registro académico UBB.

De la figura se observa que el programa implementado ha sido exitoso en todas las carreras de ingeniería que han ingresado al programa de apoyo para el éxito académico. La carrera de ingeniería mecánica muestra una mejora en su rendimiento académico a partir del momento que ingresa al programa, las otras dos carreras que iniciaron el proceso han mejorado su rendimiento académico logrando superar el 55% de aprobación por semestre. Hay que tener presente que el 2010 se considera solo el II semestre, que es cuando ingresan los alumnos nuevos.

Como cualquier cambio de paradigma la propuesta de renovación metodológica ASARPIC genera resistencias, al inicio de su aplicación principio de semestre, con mayor énfasis en su primera aplicación, a medida que transcurre el tiempo esta disminuye, esto se debe al cambio del rol del docente y de los estudiantes, presentando algunas limitaciones al principio que es preciso tener en cuenta: a) exige una mayor dedicación por parte del docente, en su formación y preparación previa, lo que implica no sólo una discusión teórica sobre la metodología, sino también una actuación reflejada en su práctica docente, donde su función es crear entornos o escenarios de aprendizaje, bajo problemas y su correcta secuenciación presentada en el material de aprendizaje que debe ser potencialmente significativo, para favorecer la interacción en el aula., y b) el alumno debe aprender al solucionar estos problemas en

grupos de trabajo colaborativos, asumiendo un rol activo en la construcción de su propio aprendizaje.

Dentro de la experiencia con ASARPIC, se observa que los estudiantes van integrando estrategias de procesamiento de la información propias para la adquisición de conocimientos y son conscientes de su propio proceso de aprendizaje. De aquí, se infiere que los conocimientos son introducidos en relación con el problema y no de manera aislada o fragmentada. Además, se desarrollan competencias laborales, al trabajar en equipos de investigación, adquiriendo habilidades de comunicación e integración de información y, en consecuencia, se puede presuponer que la propuesta genera:

- a) pensamiento crítico, capacidad para analizar y resolver problemas del mundo real;
- b) capacidades para encontrar, evaluar y usar apropiadamente los recursos de aprendizaje;
- c) trabajar colaborativamente en equipos;
- d) demostrar versatilidad y habilidades de comunicación efectiva, en forma oral y escrita;
- e) usar el conocimiento y las habilidades intelectuales adquiridas para aprendizaje continuo.

Una de las principales características del ASARPIC, es fomentar en el alumno la actitud positiva hacia el aprendizaje significativo. En ella se promueve la autonomía del alumno, quien aprende a través de los contenidos y la propia experiencia de trabajo en el aula (dinámica del método). Los alumnos tienen además la posibilidad de observar, en la práctica, aplicaciones de los aprendizajes en torno al problema. La transferencia pasiva de información es algo que se elimina en el ASARPIC; toda la información que se vierte en el grupo es investigada, aportada, o bien, generada por el mismo grupo.

Otras de las características, observadas al trabajar con el ASARPIC, son: a) es un método de trabajo activo donde los alumnos participan constantemente en la adquisición de su conocimiento. b) El método se orienta a la solución de problemas que son seleccionados o diseñados a partir de noticias, periódicos, etc. c) Es un método que promueve el trabajo de forma colaborativa en grupos pequeños. d) Se aprende a través de los contenidos y la propia experiencia de trabajo en el aula (dinámica del método). e) La actividad gira en torno a la discusión de un problema. f) El aprendizaje se adquiere de la experiencia de trabajar sobre ese problema. g) El aprendizaje es asumido por el alumno y no por el profesor. h) Fomenta en el alumno la actitud positiva hacia el aprendizaje y su autonomía. i) El docente juega un rol de guía o mediador, su función es negociar significados.

Los resultados alcanzados por los estudiantes nos permiten afirmar que el método estimula el autoaprendizaje y la práctica del estudiante al enfrentarlo a situaciones nuevas y reales, identificando sus limitaciones de conocimiento. La experiencia de trabajo en pequeño grupo, orientado a la solución del problema, es característica distintiva del ASARPIC. En estas actividades al trabajar en grupos los alumnos toman responsabilidades y acciones que son básicas en su proceso formativo. Los estudiantes de Ingeniería que han participado en esta propuesta se

muestran motivados y opinan favorablemente acerca de la metodología

A modo de síntesis, se puede verificar que el método implementado, en su dinámica de trabajo, lleva implícito el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que permiten la mejora personal y profesional del alumno. Puede ser usado como un método general a lo largo del plan de estudios de una carrera profesional o bien ser implementado como un método de trabajo a lo largo de un curso específico, incluso como una técnica didáctica y aplicada para la revisión de ciertos objetivos de aprendizaje de un curso.

## AGRADECIMIENTOS

La presente investigación es posible gracias al financiamiento logrado a través del proyecto de investigación FONDECYT 1090618.

## REFERENCIAS

- [1] Sánchez, I., Moreira, M. y Caballero, C., *Aprendizaje significativo a través de resolución de problema en cinemática y dinámica*, Enseñanza de las ciencias, Numero Extra, 23, 1-10 (2005).
- [2] Sánchez, I., Neriz, L. and Ramis, F., *Design and application of learning environments based on integrative problems*, European Journal of Engineering Education **33**, 445-452 (2008).
- [3] Sánchez, I., Moreira, M. y Caballero, C., *Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas*, Revista chilena de ingeniería **17**, 27-41 (2009).
- [4] Sánchez, I., *Propuesta de aprendizaje significativo a través de resolución de problemas por investigación*, Revista Educere, Año 3, N° 47, 947-959 (2009b).
- [5] Perales, F. y Salinas, A., *Percepción de estudiantes de física sobre la dificultad en la resolución de problemas*, Acta del XXI, Encuentro de didáctica de las ciencias experimentales, España (2004).
- [6] Becerra, C., Gras-Martí, A. y Martínez, J., *¿De verdad se enseña a resolver problemas en el primer curso de física universitaria? la resolución de problemas de "lápiz y papel" en cuestión*, Rev. Bras. Ens. Fis. **27**, 299-308 (2005).
- [7] Sánchez, I. y Flores, P., *Influencia de una metodología activa en el proceso de enseñar y aprender Física*, Journal of Science Education **5**, 77-83 (2004).
- [8] Herrera, E. y Sánchez, I., *Unidad didáctica para abordar el concepto de célula desde la resolución de problema por investigación*, Paradigma **30**, 63-85 (2009).
- [9] Sánchez, I., *Influencia de la resolución de problemas por investigación; en el pensamiento crítico, estrategias y calidad del aprendizaje*, Enseñanza de las Ciencias. Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 3503-3507 (2009a).

<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3503-3507.pdf>.

- [10] Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. y Wood, V., *Making sense of secondary science. Research into children's ideas*, (Routledge, London U.K, 1994).
- [11] Gilbert, J., Osborne, R. y Fensham, P., *Children's science and its consequences for teaching*, Science Education **66**, 623-633 (1982).
- [12] Sánchez, I., *Aprendizaje Significativo a través de resolución de problema integradores y contextualizado por investigación (ASARPIC)*, Panorama Científico **21**, pp.1-133, (2007).
- [13] Moreira, M., Caballero, C. y Rodríguez, P. M., *Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje*, (Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos, Burgos, 2004), p. 86.
- [14] Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H., *Psicología Educativa: Un punto de vista cognitivo*, (Editorial Trillas, México, 1997).
- [15] Ausubel, D., *Adquisición y Retención del Conocimiento, Una perspectiva cognitiva*, Paidós, Barcelona, España, 2000.
- [16] Moreira, M., *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*, (Editora da UnB, Brasília, 2006, p. 185.
- [17] Sáenz et al., (coord.). *“Didáctica General”*: Un enfoque curricular: Marfil. Alcoy: España. 1998, p. 151

- [18] Vygotsky, L., *Psicología y pedagogía*, (Akal, Madrid, 1979).
- [19] Ribeiro, L. y Mizukami, M., *Problem-based learning, a student evaluation of an implementation in postgraduate engineering education*, European Journal of Engineering Education **30**, 137-149 (2005).
- [20] Sánchez, I. y San Martín, R., *Una experiencia de ABP aplicada para enseñar y aprender significativamente contenidos de leyes de newton*, Acta del IV Congreso Internacional PBL 2006 ABP, Lima Perú del 17 al 24 julio, PUC del Perú (2006).
- [21] Kolmos, A., *Reflections on Project work and problem based learning*, European Journal of Engineering Education **2**, 141-148 (1996).
- [22] Duch, B., Grogh, S. y Allen, D., *El poder del aprendizaje basado en problemas. Una guía práctica para la enseñanza universitaria*, (Editorial Pontificia, Perú, 2004).
- [23] Said, S., Mahamd, A., Mekhilef, S. y Rahim, N., *Implementation of the problem-based learning approach in the Department of Electrical Engineering, University of Malaya*, European Journal of Engineering Education **30**, 129-136 (2005).
- [24] Schultz, N. y Christensen, H., *Seven-step problem-based learning in an interaction design course*, European Journal of Engineering Education **29**, 533-541 (2004).