Diseño de problemas por estudiantes de carreras de ingeniería como estrategia de aprendizaje

Javier Ramírez Angulo*, Margarita Portilla Pineda*, María del Carmen González Cortés*

* Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Área de Química
Av. San Pablo No. 180, Azcapotzalco, México D.F. C.P. 02200. México

Correo electrónico: ramirezangulojavier@gmail.com margaportilla@hotmail.com mcgc@correo.azc.uam.mx

Abstract

In order to improve the scores of college students enrolled in chemistry and mass balance courses, they were required to deliver a final project. In this project all students had to design problems based on the different topics seen in class, with their respective analysis and solution, and were due before the final examination. To achieve that goal, the students were allowed to look into their notes, books, internet, and other sources, and were free to make changes as each one of them deemed convenient; nonetheless, every problem had to be unique. The problems delivered by the students had different degrees of complexity: some were very rough and simple; others were quite elaborated and could be applied to actual situations, or be used as class material in future lectures. Overall, this work had a significant positive impact on the results accomplished by the students in the final examination, and, ultimately, it reflected on the students that designed the best problems.

Keywords: Chemistry, Mass Balance, Final Project, Evaluation

1 Introducción

Una de las metas de la educación en ingeniería, es el desarrollo de capacidades de los alumnos para identificar problemas y tomar decisiones que tiendan a la búsqueda de soluciones adecuadas a una situación planteada.

Los programas universitarios de las diversas carreras del área de ingeniería están compuestos principalmente por materias cuyos contenidos temáticos conducen directa o indirectamente, a la resolución de problemas como estrategia de enseñanza y de evaluación de las mismas, por ejemplo química, física, fisicoquímica, termodinámica, balance de materia, etc. como se puede observar en los programas revisados, en dos países y en distintas universidades (UAM-A, 2012, ITESM, 2011, UNAM, 2006, en México; y la Universidad de la Plata, 2013, la Universidad de Córdoba, 2012, en Argentina).

Aunque a la mayoría de los estudiantes de ingeniería les gusta la resolución de problemas, no es raro observar las complicaciones que se pueden presentar durante este proceso, dependiendo del grado de dificultad de los mismos, lo que es notable sobre todo en las diferentes evaluaciones que tienen lugar a lo largo de los cursos y sobre todo en la evaluación final.

Esta situación educativa, se presenta de alguna manera, en estudiantes de ingeniería de dos instituciones de educación superior del área metropolitana de la Ciudad de México, una pública, la Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco y otra privada, el Tecnológico de Monterrey, instituciones en las que se cursan materias del área química con contenidos que incluyen temas que involucran la resolución de problemas, lo que conduce a la búsqueda constante de estrategias efectivas de enseñanza, que puedan ser de utilidad y factibles de aplicarse para lograr mejores resultados en este aspecto, (Poyla, 1972; Resga, 2004 & Viar, 2005).

2 Marco teórico

Es un hecho que la perspectiva vigente de la sociedad y el conocimiento ha cambiado en muy pocos lustros, esto se debe al avance acelerado de la informática, provocando una verdadera agitación, tanto en la segmento científico como en el tecnológico, sin olvidar que la globalización ha provocado que, de una u otra forma se involucren las economías, se unifiquen criterios para la educación, la salud pública, la política, la cultura, los mercados; solo por mencionar algunos los elementos que conforman una sociedad, la consecuencia de estos cambios, en el caso de la educación y los conocimientos, es la ruptura de paradigmas entre las ciencias exactas, las ciencias sociales y humanas, incluyendo la tecnología.

Como resultado de estos cambios sociales y políticos, las instituciones de educación superior se han visto en la necesidad de hacer cambios drásticos a sus planes y programas, tendientes a la equiparación con otros países más avanzados, con el propósito de competir en igualdad de circunstancias. Se observa que estos cambios van desde una sencilla adecuación hasta el diseño nuevo, y de esta forma actualizar sus contenidos, acordes con la época. En otras palabras, el uso de la computadora; o todo tipo de aparatos así como las tecnologías para el tratamiento de la información, constituyen actualmente, elementos con los que los estudiantes y docentes interactúan en el salón de clase casi de forma inevitable.

En este escenario, los aparatos educativos están dirigidos a formar personas competentes y competitivas, en quienes el proceso de autoaprendizaje es imprescindible, ya que los procesos de aprender y aprehender la información y el conocimiento serán permanentes y constantes para el resto de su vida, es por ello que en el desarrollo de los estudiantes universitario de hoy, es fundamental propiciar el razonamiento lógico matemático, la comprensión de los conceptos importantes de cada disciplina y su expresión desde una perspectiva del pensamiento crítico, solamente de esta forma el conocimiento y el desarrollo de un país estará asegurado.

De acuerdo con García (1998), antes de iniciar el nuevo siglo, un nuevo paradigma educativo fue identificado: “enseñar a pensar"; cuyas características están orientadas a la formación de personas independientes desde el punto de vista del aprendizaje, capaces de crear nuevos conocimientos, capacitado para emitir opiniones y defender sus puntos de vista con argumentos válidos y sustentados, es por ello que como parte de este modelo, está el campo de investigación denominado: “enseñanza por el diseño y resolución de problemas” propiciando la práctica de distintas habilidades y destrezas como: la comprensión integral de conceptos, el análisis y la síntesis de textos, la búsqueda de la información y el desarrollo de su creatividad.

En todos los programas de ingeniería, el uso de distintos tipos de problemas es parte ineludible del proceso de aprendizaje, constantemente de una u otra forma en la solución de problemas de química y física, se observan dudas y conflictos, según Oñorbe (1996), se debe a que el estudiante tiene concepciones iniciales erróneas respecto al problema, un mal inicio y adicionalmente el proceso de solución difiere de manera evidente, para perder finalmente la perspectiva de su respuesta.

Las causas de las dificultades presentadas en la solución de problemas han sido ampliamente investigadas y según los resultados consignados obedecen a distintos y variados factores, entre otros se relacionan con “la comprensión del enunciado: forma de su descripción, el lenguaje y la organización de la información, la cantidad de términos científicos usados, la información redundante o superflua”, además esas dificultades tienen que ver los alumnos y “su falta de los conocimientos específicos del tema, en general pueden ser de origen conceptual o procedimental, fallas en la utilización de los conocimientos conocidos o en establecer una relación entre ellos”.

Sin embargo los docentes también contribuyen a incrementar esas dificultades, que pueden estar relacionadas con “las estrategias de enseñanza para la solución de problemas, la utilización de técnicas inadecuadas, el uso de reglas y modelos fijos, el planteamiento de etapas o semi-problemas. Otros estudios consignan otros conflictos ligados a faltas en las estructuras epistemológicas o a particularidades personales, como las fallas en la memoria, la falta de equidad entre la demanda y la capacidad, también hay alumnos dependientes, carentes de confianza y falta de interés.

Las evidencias acerca de las dificultades para la solución de problemas generalmente se enfocan generalmente a factores relacionados con los estudiantes, sin embargo no se toma en cuenta que en los procesos de enseñanza y aprendizaje no hay simultaneidad y que hay una brecha entre el ideología de los docentes y el de los alumnos, así como de los procesos de reflexión (Oñorbe, 1996).

Acorde con la propuesta de Martínez (2007), el docente debe hacer un diagnóstico, antes de enseñar la solución de problemas, siguiendo una secuencia, consistente en: la identificación de su bagaje de conocimientos y los requisitos de formación de los alumnos, tomando como base a estos factores entonces diseñar estrategias adecuadas, esta labor esta previamente apoyada por la planeación estratégica de los programas, que se asesoran de investigadores con experiencia y sus proyectos en su disciplina, actualmente es muy importante que estos últimos sean también proyectos multidisciplinarios dirigidos al desarrollo de competencias.

Un docente, que influye positivamente en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, es aquel que comunica las ideas y los conceptos de su disciplina con claridad aportando ejemplos significativos a los alumnos, este profesor utiliza distintas estrategias de aprendizaje y propone soluciones innovadoras a problemas comunes. Las características deseables van de la mano con la promoción del desarrollo de sus alumnos les guía a través de la construcción del conocimiento, propiciando su inmersión y apropiación en los procesos de auto-aprendizaje para generar la reflexión y el pensamiento crítico así como la creatividad, Martínez (2007).

Entre las estrategias de aprendizaje centradas en el estudiante, en sintonía con las teorías constructivistas, se encuentran aquellas que se dirigen al diseño de actividades y a la organización y estructuración de la información, como la propuesta por el profesor D. Jonassen, académico en la Unión Americana, cuyo propósito es fomentar la solución de problemas y la mejora continua en cuanto a los conceptos propios de una disciplina. Este enfoque de origen constructivista en entornos abiertos es conocido como EAC.

Las actividades planeadas están orientadas hacia el razonamiento activo en el estudiante, quien guiado por el docente identificara sus necesidades para diseñar un sencillo problema, como la investigación, los distintos estilos de presentar un concepto, la clasificación de los contenidos imprescindibles, los prescindibles, así como la inclusión de ejemplos y ejercicios que deben solucionarse antes de que los estudiantes resuelvan problemas con un grado de dificultad mayor.

Como aclara Esteban (2000), el modelo EAC tiene el propósito de crear un compromiso entre el estudiante y la construcción de su conocimiento, mientras el docente lo conduce o le plantea distintos contextos, pregunta sobre la interpretación le puede dar el alumno utilizando su bagaje de conocimientos previos y le estimula hacia la indagación, para dar solución a un problema, terminar una investigación o encontrar respuestas a preguntas especificas planteadas por el docente en un determinado tema.

De alguna u otra forma las metodologías mencionadas tienen sus fundamentos en los mismos principios como el aprendizaje dinámico, constructivista y efectivo. La selección para el trabajo en el aula obedece generalmente a factores como el tipo de asignatura, los estilos de aprendizaje de los estudiantes, las herramientas y materiales con los que se cuenta, sin olvidar que la autonomía en cada asignatura permite al docente experimentar con una metodología o incluir varias de manera alternada.

Para el caso del aprendizaje basado en ejemplos, estos deben ser sencillos, la intención es que estos se ubiquen en el entorno donde se desarrollaran más adelante los egresados, para que de esta forma investiguen, apliquen los conocimientos que encuentren de manera reflexiva y actúen como la harían en la vida real. En cuanto a la metodología del aprendizaje basado en proyectos, generalmente se aplica a investigaciones más prolongadas, de tipo experimental, pues en ese caso se pueden variar distintos los componentes en un cierto periodo y controlar o regular otros elementos involucrados en el experimento o proyecto de investigación.

La aportación de este tipo de estrategias es que promueve la metacognición, mientras se analiza un problema el bagaje de conocimientos previos que se activa permite la integración y la construcción de nuevos significados, en consecuencia se genera un nuevo conocimiento, basado en el autoaprendizaje, (Esteban, 2000).

El uso de estrategias y métodos alternativos en el aula es fundamental, considerando la época y los avances tecnológicos, evidentemente, el papel de docente y el del alumno ha evolucionado, por este motivo la investigación educativa hoy no solo es necesaria sino imprescindible en toda institución de educación superior. La integración de propuestas diferentes a los métodos tradicionales, tanto en la enseñanza como en el aprendizaje es hoy ineludible, sin olvidar que todas las disciplinas se combinan o se fusionan con el propósito de promover el trabajo colaborativo, la participación activa y real de los estudiantes cuando trabajan en equipo; estas actividades están orientadas a la reflexión, la creatividad, el desarrollo de habilidades del pensamiento y la formación en valores tan importantes en las sociedades actuales (Silvestre, 1997).

3 Metodología

Gran parte de la dificultad que tienen los alumnos en la resolución de problemas, reside en la interpretación de lo que enuncian los mismos (Azcue et al., 2002), al leerlos sin comprenderlos y por lo tanto desviándose de su planteamiento correcto, en particular si consideran que las operaciones matemáticas que van a hacer con su calculadora constituyen la parte medular del proceso de resolución, lo que se nota cuando en el salón de clases, algún alumno reporta un resultado numérico y otros reportan otros similares pero con una leve variación con un rango entre 0.5 % y 2 % de diferencia, aseverando que son diferentes y acarreando con frecuencia, discusiones que desvían la atención del tema central del problema, y que se distraigan también del análisis de las unidades utilizadas en los problemas.

Dado que una gran numero de los cursos de química y la mayor parte de los de balance de materia se basan en la resolución de problemas de los diferentes temas que comprenden los contenidos de los programas de estudio de las diversas carreras de ingeniería , en donde se nota la dificultad que tienen gran parte de los alumnos para plantearlos e intentar resolverlos, se pensó en una estrategia de enseñanza, centrada en el alumno, bajo el paradigma constructivista, que lo involucrara más activamente en su aprendizaje, con la idea de tratar de lograr que éste sea significativo.

En un inicio se pensó en solicitarles a los alumnos, que resolvieran algún conjunto de problemas indicado por el docente, como guía del examen final, como un requisito o como un incentivo a través de un porcentaje de la calificación del

mismo. Sin embargo, algo similar se hace en los exámenes parciales y no parece notarse una influencia positiva en las calificaciones obtenidas en los mismos, ya que gran parte de los estudiantes, han encontrado complicado el contestar correctamente las preguntas de examen, que se basan en la resolución de problemas.

Puesto que se deseaba contar con una estrategia de aprendizaje centrada en el alumno y que lo involucrara hasta donde fuera posible en la resolución de problemas, se planteó una actividad individual, consistente en el diseño de problemas por parte de los estudiantes como los estudiados en el salón de clases, que incluyera no solo la redacción de los problemas, sino también la forma explícita de resolverlos y que abarcaran de alguna manera todos los temas de estudio del programa de la materia en donde se contemplaba resolver problemas como parte de los objetivos del curso. El trabajo completo debía ser entregado antes de la fecha del examen final y se debía aclarar que tenía un ligero peso en el promedio de la evaluación final definitiva del alumno.

Una de las razones fundamentales para planear una actividad como la descrita aquí, es que una gran parte de los estudiantes no comprendían lo que leían en los enunciados de los problemas que se les pedía resolver en el aula, en tareas o en exámenes. Por lo que se planteó que si ellos se encargaban de diseñarlos, tendrían que involucrarse más en su comprensión, que si solo los trataran de resolverlos, de una manera similar a cuando se la da a un alumno, un problema totalmente resuelto pero de una manera errónea y se le pide que encuentre los errores para calificarlo. Otra razón que apoyó el utilizar esta estrategia de enseñanza, fue el buscar conducir al alumno hacia un manejo adecuado de unidades durante la resolución de un problema, ya que no es raro que descuide este aspecto o que inclusive no lo tome en cuenta como lo debería hacer, como lo señala por ejemplo Smith (1991).

4 Resultados

Los alumnos entregaron una serie de problemas diseñados por ellos mismos, resueltos y con una explicación de la manera en que se podían plantear y resolver. La calidad de los problemas entregados fue muy variada, pues fueron entregados desde muy sencillos hasta muy elaborados. Los problemas más sencillos, fueron aquellos que basándose en los ejemplos resueltos en clase y de tarea, solo les cambiaron los datos, mientras que los más elaborados tenían una redacción aceptable y buscaban tomar como fundamento, situaciones de la vida real, incluyendo en su manejo diferentes conceptos y dimensiones, de tal manera que se pudieron utilizar en cursos posteriores, como material de apoyo académico sin ninguna dificultad.

Como ejemplo de esto y con el fin de contrastarlos, se presentan a continuación, dos problemas que entregaron dos alumnos diferentes de química, el primero es un problema igual al de un ejercicio de tarea en el que cambió una temperatura, mientras que en el segundo caso, no aparece en ningún ejercicio de tarea como tal, ni tampoco en la literatura de apoyo.

Primer alumno:

El calor molar de vaporización del agua a temperaturas cercanas a su punto de ebullición normal es de 40.7 kj/mol. Si la presión de vapor del agua es de 526 mm de Hg a 90°C prediga su valor a 110°C.

$\ln (P_1°/P_2°) = (\Delta Hv/R)\ [1/T_1 - 1/T_2]$

$$P2 = \frac{P1}{e^{\left(\frac{\Delta Hv}{r}\right)\left(\frac{1}{T1}-\frac{1}{T2}\right)}}$$

P2= 525 mm de Hg

Segundo alumno:

¿Cuántos gramos de CO_2 se obtienen si 15 gr de C_4H_{10} reaccionan con 10 gr de O_2 y si esta reacción tiene un rendimiento del 85%?

$$C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

1) Primero se balancea la reacción:

$$\mathbf{2}\ C_4H_{10} + \mathbf{13}\ O_2 \xrightarrow{85\%} \mathbf{8}\ CO_2 + \mathbf{10}H_2O$$

2) Se obtiene el PM de cada reactivo:

PM C_4H_{10} = 4(12 gr/mol) + 10(1 gr/mol) = 58 gr/mol
PM O_2 = 2(16 gr/mol) = 32 gr/mol

PM CO_2 = (12 gr/mol) + 2(16 gr/mol) = 44 gr/mol

3) Se calcula el número de moles de cada reactivo:
n C_4H_{10} = 15gr /58 gr/mol = 0.25 moles
n O_2 = 10 gr/ 32 gr/mol = 0.31 moles

4) Se determina el reactivo limitante:

C_4H_{10} = 0.25 moles / 2 = 0.125
O_2 = 0.31 moles/ 13= 0.023 El O_2 es el reactivo limitante.

5) Se obtienen los gramos de CO_2:

Masa de CO_2 = (8/13) (0.31 moles) (.85) (44 gr/mol) = **7.134 gr de CO_2**

Como se puede observar, el primer alumno, si cumplió entregando un problema de un tema determinado, pero no explica la forma de resolverlo, aunque si reporta un resultado, a diferencia del segundo alumno que trata de explicar los diferentes pasos que siguió para resolverlo.

Las calificaciones obtenidas en los exámenes finales, fueron más altas para los alumnos que entregaron problemas de mejor calidad, pero aún aquellos alumnos cuya calidad de sus problemas no era tan buena, consiguieron una mejor calificación, que la que obtuvieron en los exámenes parciales que habían hecho antes y que incluían dentro de ellos preguntas relacionadas con la resolución de problemas.

Tal vez los problemas pudieron ser diseñados en equipos de dos a o más alumnos, lo que no sería malo si lo hicieran de una forma colaborativa, incluso intentar copiarlos de algún compañero del mismo curso o de otro diferente, de apuntes, algún libro, de la red, etc., pero aún en ese caso, el alumno se ve obligado a analizar los problemas que va a entregar, para no ponerse en evidencia, en caso que haya hecho algo que transgreda los valores de honestidad, lo que conduce de cualquier modo a tratar de entenderlos y conceptualizarlos con los beneficios que eso aportaría.

5 Conclusiones

El solicitar a los alumnos de diversas carreras de ingeniería, que diseñaran problemas similares a los que habían visto en los diferentes temas que abarcaban los programas de Química y de Balance de Materia, para ser entregados antes de los exámenes finales, constituyó una estrategia de enseñanza efectiva en la resolución de problemas.

El diseño problemas por parte de los alumnos, en los cuales incluyeran, respuestas así como los procedimientos utilizados para resolverlos, consultando todo lo que creyeran conveniente como libros e internet, los ayudo a conceptualizarlos mucho mejor y a comprender su planteamiento.

Los trabajos que entregaron los alumnos tuvieron distintos grados de dificultad: desde los más simples hasta los muy elaborados y relacionados con situaciones reales, en algunos casos se notaba que solamente hicieron el diseño del problema por cumplir con un requisito; pero otros fueron de gran calidad, a tal grado que se podrían utilizar en cursos posteriores como apoyo didáctico.

En general, esta estrategia de enseñanza constructivista, contribuyó a mejorar los resultados obtenidos en la evaluación final y se manifestó sobre todo en los alumnos que diseñaron los mejores problemas.

La razón de la mejora de las calificaciones de los estudiantes en sus evaluaciones finales se puede deber a que al diseñar los problemas solicitados, se llevó a cabo en ellos un proceso metacognitivo, de una forma constructivista, al participar activamente en la actividad solicitada.

Referencias

Azcue, M.; Diez, M.L.; Lucanera, V.; Scandroli, N. (2002). Resolución de problemas de química: Analizando las dificultades en la comprensión de un enunciado. XI Reunión de Educadores en la Química de la República Argentina. San Rafael, Mendoza. Argentina

Esteban, M. (2000). El diseño de entornos de aprendizaje constructivista. Adaptación de D. Jonassen, en C.H. Reigeluth: El diseño de la instrucción. Madrid. Aula XXI Santillana, España.

García, G., G., J., J. (1998) La creatividad y la solución de problemas como base de un modelo didáctico alternativo. Revista Educación y Pedagogía. Vol. X N° 21, Mayo – Agosto

ITESM (2011). Programas educativos de carreras de ingeniería y ciencias. Tecnológico de Monterrey. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México.

Martínez, R.N. (2007). Metodología y estrategias, elementos fundamentales en el diseño de ambientes de aprendizaje. Programa nacional de profesores en la educación media superior. Documento de trabajo. Subsecretaría de Educación Media Superior. Anexo 1. México.

Oñorbe de Torre, A.; Sánchez, J., J.M. (1996).Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química. I. Opiniones del alumno. Investigación y Experiencias Didácticas. Enseñanza de las Ciencias. 14(2),165-170.

Polya, G.(1972). Cómo plantear y resolver problemas. Editorial Trillas. México.

Ruesga,RM.P. & Sigarta, A.J.M (2004). Una estrategia específica para la resolución de problemas en función del contenido. Las funciones. Docencia Universitaria, Volumen V, N° 1 y 2

Silvestre; Silverstein (1997). Procedimientos didácticos que permiten elevar la participación del alumno en el proceso de enseñanza aprendizaje, Recuperado el 12 de abril de 2013 de http://www.quadernsdigitals.net/datos_web/biblioteca/l_759/enLinea/5.pdf

Smith, R.N.; Pierce, C. (1991). Resolución de problemas de química general. Cap.4. Editorial Reverté, S.A., España

UAM-A (2012) .Unidades de Enseñanza Aprendizaje. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. México.

UNAM (2006). Sugerencias para la impartición de asignaturas. Química para ingenieros civiles. Facultad de Ingeniería. División de Ciencias Básicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

Universidad de Córdoba (2012) . Guía docente de la asignatura de química. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Departamento de Química Agrícola y Edafología. Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural. España.

Universidad de la Plata (2013). Cátedras de introducción a la química y química general. Facultad de Ciencias Exactas. Argentina.

Viar, R.P. (2005). Estrategias en la resolución de problemas. I.E.S. "Reyes Católicos" EJEA. España recuperado el 12 de abril de 2013 de www.unizar.es/ttm/2005-06/ESTRATEGIAS.doc