

Estrategias para el desarrollo de pensamiento complejo y competencias

Transformando un curso (Transferencia de Masa II) hacia Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

José Antonio Rocha Uribe



Proyecto cofinanciado por la Unión Europea



Proyecto coordinado por la Universidad Veracruzana, México

2010



Proyecto cofinanciado
por la Unión Europea



Universidad Veracruzana

Proyecto coordinado
por la Universidad Veracruzana,
México

«La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de los autores y en ningún caso refleja los puntos de vista de la Unión Europea».



Esta obra está bajo la licencia de Reconocimiento-No comercial – Sin trabajos derivados 2.5 de Creative Commons. Puede copiarla, distribuirla y comunicarla públicamente, siempre que indique su autor y la cita bibliográfica; no la utilice para fines comerciales; y no haga con ella obra derivada.

Transformando un curso (Transferencia de Masa II) hacia Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

Dr. José Antonio Rocha Uribe¹
Julio 23 del 2010

Resumen: Se describe la evolución de un curso de Ingeniería Química que originalmente se daba de manera tradicional, con aprendizaje basado en el tema (ABT) en una institución, y en la versión que se describe, se dio en otra institución con aprendizaje basado en problemas (ABP). El propósito era mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Se comenta su aplicación en el aula, los resultados obtenidos y se presentan conclusiones y recomendaciones.

Palabras clave: Aprendizaje basado en problemas; Aprendizaje basado en el tema; Aprendizaje significativo;

1. Contexto de la intervención.

Introducción. La primera vez que di el curso (aproximadamente en 1985): Operaciones Unitarias II en el Instituto Tecnológico de Celaya, en donde se veían los temas de Evaporación, Absorción y Destilación, utilice el libro de Operaciones de Transferencia de Masa de Treybal. Lo coordinaba de manera tradicional (con Aprendizaje Basado en el Tema: ABT), para aquellos días. El profesor hacía la planeación de las unidades a cubrir. En cada unidad el profesor:

- i. Introducía el tema presentando la unidad
- ii. Mostraba su relación con otras unidades
- iii. Comentaba la importancia de la operación unitaria a estudiar
- iv. Combinando balances de materia, y en ocasiones de energía, con relaciones de equilibrio, deducía las ecuaciones de diseño de los equipos
- v. Aplicaba las ecuaciones de diseño obtenidas a uno o dos casos
- vi. Pedía a los estudiantes, de tarea, resolver uno o dos ejercicios de final de capítulo.

¹ FIQ-UADY, Mérida, Yucatán; México

- vii. Después de recoger las tareas mostraba una forma de resolver los ejercicios.
- viii. Si le alcanzaba el tiempo, explicaba los conceptos para dimensionar los equipos, calculando diámetro (mediante velocidad de inundación), y altura de columna (mediante eficiencia global y platos reales).

Aprendiendo de colegas. Después de 1985 a través del Comité permanente de educación del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ), tome talleres con Armando Rugarcia, donde aprendí que una formación integral para los alumnos debe incluir CHA, o como yo lo llame para ponerle ritmo CHA-CHA-CHA, (Conocimientos, Habilidades, y Actitudes) después tome talleres con los profesores Richard M Felder de North Carolina State University, Karl A. Smith de University of Minnesota, Phillip C. Wankat de Purdue University y Donald R. Woods de la University of McMaster, Canadá, entre otros. También curse diplomados en el ITC y en la UGto. En estos diplomado conocí de la concepción constructivista del aprendizaje y el cambio paradigmático de la Enseñanza al Aprendizaje, en donde, como en Calidad, la parte importante era el aprendizaje del Alumno. Aprendí que el Aprendizaje Significativo es más conveniente que el repetitivo y que se logra motivando a los estudiantes con temas del mundo real como aplicaciones en la industria e intercalando temas conocidos y comprendidos con temas nuevos y habilidades por construir.

Me impacto saber que en la Universidad de McMaster en Ontario, Canadá, el Profesor Donald R. Woods y otros profesores al tratar de saber por qué los estudiantes tenían problemas al intentar resolver ejercicios o problemas diferentes a los vistos en clase, pidieron permiso a los estudiantes y asistieron a clase durante varios semestres. Como resultado de esto y para que sus estudiantes aprendieran habilidades de grupo, crearon el Programa de Solución de Problemas de McMaster (MPS) que en una de sus etapas constaba de 58 módulos. Una de las cosas importantes que trascendió fue la heurística para resolver problemas, que se le conoce como la heurística de McMaster para resolver problemas, que al principio era de 5 pasos y posteriormente se extendió a 6, según se muestra en la Tabla 1.

heurística original	heurística nueva
1. Definir	1. Comprometerse
2. Explorar	2. Definir
3. Planear	3. Explorar
4. Hacerlo	4. Planear
5. Evaluar	5. Hacerlo
	6. Evaluar

En mi etapa original como maestro de Ingeniería Química todo lo hacía en ABT y yo era el que pasaba la mayor parte del tiempo frente al pizarrón, mientras que los alumnos anotaban en sus libretas.

Cuando vi que esa actitud mía perjudicaba a los alumnos, intente que ellos participaran más, pero era algo nuevo, diferente, y había resistencia al cambio. Recuerdo que les animaba a tomar más acción. Primero les pedí que antes de iniciar la unidad ellos organizados en equipos leyeran y comprendieran lo que se les pedía en el problema, y los datos que se les proporcionaban. Ellos se descontrolaron y decían que como iban a entender el problema, si no se había presentado la teoría... Ya después cuando esa metodología se acepto y los alumnos entendían lo que se pedía, estaban muy atentos en los temas teóricos que se necesitaban para la solución de su problema. Años después, cuando invitaba a algunos grupos a no solo ver los problemas asignados al inicio de la ultima unidad del curso, sino también a tratar de resolverlos sin mis presentaciones, algunos grupos no querían y entonces veíamos la unidad de manera normal. Mi explicación de que les convenía practicar esa forma de solución era de que esa forma tenían que hacerlo cuando salieran a trabajar, animaba a algunos emprendedores que si aceptaban mi sugerencia de que esa última unidad la resolvieran ellos solos y como equipo presentaran la solución en un acetato (que era la manera audiovisual de hacerlo en esos años). Recuerdo lo gustosos que se ponían al comparar su solución (20 etapas teóricas, o un diámetro de 1.14 metros) con la solución de profesor Treybal (21 etapas teóricas, o diámetro de 1.20 metros). Ahora veo que introduje paulatinamente en mis cursos, primero el trabajo colaborativo y luego el ABP, pero nunca había dado un curso completo o una gran parte con ABP, me imagino que por la parte de planeación y preparación del problema o problemas.

2. Descripción de la intervención: Aplicación en FIQ-UADY

El año pasado, en 2008 cuando tuve que dar el curso de Transferencia de Masa II en FIQ-UADY, me anime a intentar la parte de Destilación (60 % del curso) como ABP. Antes del inicio, prepare el caso de estudio basado en un proyecto que realice en 1985 con una empresa química. El objetivo era que los estudiantes dimensionaran una columna de destilación y para ese caso les fije dos posibilidades: a presión atmosférica y a presión de vacío (0.06 bar). Se les proporciono a los estudiantes el equilibrio líquido vapor a las dos condiciones y se les pidió que dimensionaran la columna para las dos condiciones de presión y que recomendaran cual utilizar. Como se puede observar en el anexo A, también

se les dio a los alumnos la recomendación de un egresado en cuanto a los pasos a seguir para realizar el dimensionamiento.

Para su aplicación dividimos al grupo en equipos de 4 o 5 personas, explicamos el problema general y la recomendación del egresado en cuanto a los varios pasos a dar y pedimos a los equipos que estudiaran cada uno de los pasos y los explicara a todo el grupo.

Había otro profesor que cubriría la otra parte del curso (Extracción líquido líquido) que estuvo como observador en esta parte de destilación conducida con Aprendizaje Basado en el problema de dimensionamiento.

El objetivo de dar el tema con ABP: Que los estudiantes aprendieran mejor y pudieran al final del curso dimensionar una columna de destilación.

3. Métodos empleados para el seguimiento y observación del cambio

En los cursos tradicionales con ABT, el tiempo pasa muy rápido y por ver bien algunos temas, se descuidan los temas finales y seguido no alcanzan a cubrirse todos los objetivos planeados.

Entre los métodos que se pensaron utilizar para comparar ABP con ABT, estaban:

- i Comparación de los temas vistos y comprendidos por los estudiantes
- ii Trabajos entregables por los estudiantes
- iii Post-examen a estudiantes de los dos métodos
- iv Opinión escrita del profesor que actuó como observador.

Las fuentes de información utilizada fueron:

- a. Woods, D. R., "*Aprendizaje Basado en Problemas: Como Obtener el Máximo Beneficio de ABP*", Editorial ACD, Puebla, México (2002); ISBN: 968-5354-34-0
- b. Delisle, R., "How to use problem based learning in the classroom", Association for Supervision and Curriculum development, Alexandria, Virginia, U. S.A. 1997; ISBN 0-87120-291-3
- c. Rugarcia Torres, A., R. M. Felder, D. Woods, J. E. Stice, "El futuro de la educación en ingeniería", Universidad Iberoamericana Golfo Centro, Puebla, México, 2001; ISBN: 968 7507 65-9
- d. Sola Ayape C., "Aprendizaje Basado en Problemas. De la teoría a la practica", Trillas, Mexico, D. F., 2005; ISBN: 968-24-2668-3

- e. Duch, B. J., S. E. Groh, D. E. Allen, "The power of problem-based learning", Editorial Stylus Publishing, Sterling, Virginia, U. S. A. 2001; ISBN 1-57922-037-1
- f. Martínez-Sifuentes, V. H., J. A. Rocha Uribe, J. López Toledo, B. E. Galván López, "*Procesos de Separación en Ingeniería Química*", Editorial ACD, 2003. ISBN: 968-5354-59 6

4. Resultados

i Comparación de los temas vistos y comprendidos por los estudiantes

Aunque no lo anote en una bitácora con ABP se cubrieron todos los temas y los equipos dimensionaron las dos columnas y recomendaron la más económica. Mas importante fue que los estudiantes estudiaron por su cuenta los temas y los presentaron a todo el grupo, yo coordinaba las presentaciones, hacia aclaraciones y ubicaba en que nos serviría cada tema

ii Trabajos entregables por los estudiantes

Los trabajos finales entregados por los equipos estuvieron completos y la mayoría muy bien hechos, mientras que en ABT la mayoría de las veces, faltaban las ultimas partes que no alcanzábamos a cubrir: (dimensionamiento)

iii Post-examen a estudiantes de los dos métodos

Se realizo el post-examen que se anexa como apéndice a tres estudiantes de cada sección y los promedios de las calificaciones fueron:

ABP=64	ABT=40
--------	--------

Se anexa en el apéndice B el post-examen I: Parte teórica, y II. Problema.

iv Opinión del profesor que actuó como observador.

El Dr. Carlos Rubio Atoche que daría la parte de Extracción al grupo, estuvo en muchas de las sesiones que se trabajaron con ABP y manifestó una buena opinión para esta estrategia, sobre todo para completar todos los temas del programa, y por la participación y liderazgo de los equipos formados. En una ocasión anoto que en una sesión de 2 horas, cuando estábamos explicando cómo interaccionaban los diferentes temas para llegar al dimensionamiento de las columnas, se trataron 27 temas diferentes.

5. Discusión o análisis

- i Con ABT el profesor sigue una secuencia establecida que casi siempre tiene cuellos de botella con temas que los estudiantes no comprenden o no saben de donde se generan las ecuaciones de cálculo. Mientras que con ABP algunos estudiantes designados se adelantan, preparan y presentan temas conceptos y deducción de ecuaciones que se necesitaran. El profesor solo coordina, aclara y enfatiza las conexiones de varios grupos para lograr los objetivos. La programación que se establece con fechas limites, van jalando el trabajo de los equipos y de los estudiantes.
- ii Como los entregables serán calificaciones de equipo que se combinaran con la calificación de examen que es individual, los equipos tratan de lograr calificaciones altas, entregando trabajos completos, bien hechos y a tiempo.
- iii Quizás el número de estudiantes (3) que presentaron el post-examen más de seis meses después que termino el curso, sea pequeño, pero se comprobó la hipótesis que se había realizado: que los estudiantes que estudiaron con ABP aprendieron mejor y más y lo recuerdan mejor.
- iv Al profesor que actuó como observador, al principio el método le parecía desordenado y hasta caótico, con 27 temas diferentes tratados en un lapso de dos horas, pero después cuando todo fue acomodándose para completar los trabajos finales a tiempo, manifestó satisfacción y dijo que el método es efectivo.

6. Conclusiones

Por los resultados obtenidos en este ejercicio y por lo reportado en la Universidad de McMaster, el método trabaja bien y es muy útil para preparar a los estudiantes no solo en su capacitación técnica, sino también para trabajo en equipo, proposición de alternativas, presentaciones y aprendizaje de toda la vida,

7. Recomendaciones

Se recomienda, preparar con anticipación el problema o caso de estudio, y la manera en que se dará seguimiento a la comparación con el método anterior. Por ejemplo pensar en:

- i Pre- exámenes de tópicos técnicos
- ii Encuestas cerradas y abiertas de opinión a los estudiantes, acerca del método de trabajo con ABP
- iii Bitácora o diario del profesor con anotaciones en cada sesión, clase, o examen.
- iv Reporte escrito de un observador externo.

Apéndice A

Programa tentativo: Curso **Transferencia de Masa II con ABP G1**, Fac. de I. Q. -UADY

Dr. José Antonio (Toño) Rocha Uribe: rochaja21@hotmail.com., Cel. (999) 127 8099;

Lunes 17-19, Martes 15-17, y Jueves 19-20; Agosto 2009-Enero-2010

Objetivo: Al final del curso, los participantes serán capaces de:

1. Comprender las operaciones unitarias de destilación y extracción
2. Combinar balances de masa y de energía con relaciones de equilibrio para encontrar ecuaciones que ayuden a diseñar y analizar columnas de destilación y extracción.
3. Realizar prácticas de laboratorio de destilación y extracción
4. Dimensionar columnas de destilación y extracción para el caso de diseño
5. Determinar purezas de productos en columnas de destilación y extracción para el caso de análisis o simulación
6. Comprender y aplicar la estrategia de aprendizaje: Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

Actividades para lograr los objetivos:

- a. Estudiarán individualmente y en equipos de trabajo.
- b. Trabajando en equipo, presentarán temas y resolverán tres problemas con la metodología ABP
- c. Presentarán dos exámenes parciales de manera individual.
- d. Realizarán practicas de destilación y extracción

Referencias:

Procesos de Separación en Ingeniería Química, Martínez Sifuentes V. H. y colaboradores, Editorial ACD, 2004

Treybal R, *Mass Transfer operations*, 3ª Edición, Mc Graw Hill, 1980

Henley E. and J. D. Seader: *Equilibrium-Stage Separations Operations in Chemical Engineering*: J. Wiley, 1981

Propuesta de evaluación:

Temas y problemas presentados en equipo	40 %
Exámenes parciales individuales (3)	50 %
Prácticas de laboratorio	10 %

Bien venidos a este curso que esperamos todos disfrutemos.

Cordialmente: Toño Rocha

Programa tentativo: Curso **Transferencia de Masa II con ABP G1** , Fac. de I. Q. -UADY

Dr. José Antonio (Toño) Rocha Uribe: rochaja21@hotmail.com., Cel. (999) 127 8099;

Lunes 17-19, Martes 15-17, y Jueves 19-20; Agosto 2009-Enero-2010

Programación tentativa de actividades, para alcanzar los objetivos:

<i>Semana</i>	<i>Fecha</i>	Tema	<i>Capitulo</i>
1	31-08/04-09	Educación integral (CHA-CHA-CHA); Importancia de la destilación; presentación del problema: Dest. binaria	
2	07-09/11-09	P1, Identificación del problema y formulac. de objetivos	
3	15-09/19-09	P1, Investigación y presentación de resultados parc.	
4	21-09/-25-09	P1, Integración y resolución del problema	
5	28-09/02-10	P1, Presentación de resultados	E1
6	05-10/09-10	Semana Científica y Cultural	
7	12-10/16-10	P2, Identificación del problema: Destilac. Multicomp.	
8	19-10/23-10	P2, Resolución del problema	
9	26-10/30-10	P2, Presentación de resultados y cierre de destilación	
10	02-11/06-11	Practica 1. Destilación	E2
11	09-11/13-11	P3, Identificación del problema 1: ELL	
12	16-11/20-11	P3, Formulación de objetivos de aprendizaje; Investig	
13	23-11/27-11	P3, Investigación, Integración y present. de resultados	
14	30-11/04-12	P3,	
15	07-12/11-12	Practicas 1 y 2	E3
16	14-12/18-12	Practicas 1 y 2	

Bien venidos a este curso en donde aplicaran:

balances de materia, termodinámica, equilibrio de fases, matemáticas, criterio ingenieril y sentido común para resolver varios problemas parecidos a los que encuentran muchos ingenieros químicos en su desempeño profesional.

Una cosa importante es que ustedes se encargaran de su propio aprendizaje. Estoy seguro que podrán hacerlo bien y estoy listo para ayudarlos.

Cordialmente: Toño Rocha

1. Caso de estudio I-A (Diseño = dimensionamiento, se desean las dimensiones)

Se necesita separar una mezcla de 30,260 lb/hr de una mezcla de 6660 lb/hr de ácido acético y el resto de agua. Se puede emplear destilación, o extracción líquido líquido combinada con destilación.

Los datos de ELV se pueden consultar en varias fuentes, por ejemplo en el Manual del I. Q. de Perry, 1997. Los que se anotan en la Tabla 1, se han tomado del libro de Wankat, 1988. Los datos de extracción se han tomado de la Tabla 16.3 del libro de Wankat y del de Couper y col. 2005 y se reproducen en la Tabla 2.

Tabla 1. Relación de equilibrio ELV: y vs x para sistema agua – ácido acético											
P = 1 atm											
x	0.0	0.053	0.125	0.206	0.297	0.394	0.510	0.649	0.803	0.959	1.0
y	0.0	0.133	0.333	0.462	0.571	0.667	0.750	0.824	0.889	0.947	1.0
P = 0.5 atm											
x											
y											
P=2 atm											
x											
y											

Asignación I-A:

En equipos de 3 a 5 personas, diseñen (determinen número de platos reales, altura y diámetro) dos columnas de destilación: una de platos perforados, y otra con empaques aleatorios de 2^a o 3^a generación, o empaque estructurado, trabajando a presión atmosférica, a vacío, o a presión superior a la atmosférica.

La pureza del ácido acético debe ser igual o mayor a 99.8 % masa, y la del agua igual o mayor a 99. %

Al inicio no considere caída de presión en los platos, pero después aplique una caída de presión de 0.1 psia (6.8 mbar) por plato.

Tratando de optimizar el costo total anual, fije la relación de reflujo igual a 1.1 o 1.2 del reflujo mínimo.

Su misión como equipo es comparar los dos diseños (platos vs empaque) y recomendar el mejor.

Hay varias maneras de hacer el diseño:

- a. A mano: Con métodos gráficos o analíticos y correlaciones.
- b. Con computadora: Con programas específicos o con un simulador de procesos.

El problema, posiblemente pueda resolverse, utilizando el método gráfico de McCabe Thiele o el método corto de multicomponentes para determinar el número de platos teóricos que servirá para estimar el número de platos reales y de ahí la altura de la columna. Para el diámetro, se predecirá la velocidad de inundación y el área neta de la columna se obtiene dividiendo el flujo volumétrico entre la velocidad de operación. Los cálculos de diámetro de columna se hacen en los dos extremos de la zona de rectificación y la zona de agotamiento. Los flujos molares de líquido y vapor se obtienen del balance de masa en la columna, combinando con la relación de reflujo y la condición de la alimentación.

1. ¿Que piden?:
2. ¿Qué información dan?:
3. ¿Qué hacer?
4. ¿Cómo hacerlo?
5. ¿Cuándo hacerlo?
6. ¿En dónde?
7. ¿A qué hora?
8. ¿Se puede realizar?
9. ¿Cómo organizarnos para terminar bien y a tiempo?
10. ¿A quién(es) podemos recurrir?
11. Un egresado que trabaja en la industria, sugirió el siguiente mapa mental:

Apéndice B.

Post-examen de Transferencia de Masa II

FIQ-UADY Diciembre, 2009

Nombre: _____

Calificación: ____

I Parte teórica: (Sin consultar nada); 10 puntos por pregunta, (20 minutos)

1. Cite cuatro características distintivas entre destilación flash, destilación fraccionada, destilación batch.

2. Cite una de las dos suposiciones o simplificaciones del método de McCabe Thiele

3. Mencione tres equipos accesorios de una columna de destilación.

4. En la predicción de la eficiencia global, ¿qué pasa si la temperatura aumenta?

5. ¿A qué se le llama velocidad de inundación?, ¿Para qué se utiliza?

6. ¿Cómo se calculan los flujos internos L (kmol/hr) y V (kmol/hr) en la sección de rectificación?

Nombre: _____

Calificación: ____

Parte II Problemas: A libro y notas abiertas, (40 minutos)

(40 pts) Se va a diseñar una columna de destilación fraccionada que opere en forma continua a presión de una atmósfera, para separar 100 kmol/h de una mezcla compuesta por 40% mol de metanol y 60% mol de agua. Se quiere obtener un destilado que contenga 95% mol de metanol y un residuo que contenga 2% mol de metanol. La mezcla de alimentación va a entrar a la columna como vapor saturado y se va a utilizar una relación de reflujo equivalente a 1.3 veces la relación de reflujo mínima. La corriente de reflujo regresará a la columna como líquido en su punto de burbuja y el condensador será parcial. La columna será de platos perforados. En las condiciones de la columna, las propiedades y velocidad de inundación de domo y fondo son, aproximadamente:

	Peso molecular	Densidad	Viscosidad	Parámetro de flujo	Tensión superficial	Velocidad de inundación del vapor
	Kg/kmol	Kg/m ³	Kg/(m·s)	L/G*(ρ _G /ρ _L) ^{0.5}	N/m	(m/s)
	L V	L V	L V			
Domo	31.59 – 31.59	746.3 - 1.14	0.000300-1.11E-5	0.0039	0.020	2.88
Fondo	18.11 – 18.69	916.1 – 0.61	0.000284-1.26E-5	0.0065	0.058	4.37

Los datos de equilibrios se anexan en forma grafica y vs x, y en forma tabulada son:

T	100	96.4	93.5	91.2	89.3	87.7	84.4	81.7	78.0	75.3	73.1	71.2	69.3	67.5	66.0	65.0	64.5
x	0.0	0.020	0.040	0.060	0.080	0.100	0.150	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	0.950	1.00
y	0.0	0.134	0.230	0.304	0.365	0.418	0.517	0.579	0.665	0.729	0.779	0.825	0.870	0.915	0.958	0.979	1.00

- No de platos mínimos (operación a reflujo total):
 - N mínimo =
- No de platos teóricos con $R_{op} = 1.3 \cdot R$ mínimo:
 - Nt =
- Flujo volumétrico de vapor y de líquido en m³/s en el domo:
 - V =
 - L =
- Diámetro de la columna para una velocidad del gas igual al 80% de la velocidad de inundación
 - Dcolumna =

