

PROGRAMA DE COOPERACIÓN INSTITUCIONAL ENTRE EL CONSORCIO DE UNIVERSIDADES FLAMENCAS (VLIR) Y LA UNALM

PROYECTO EDUCATIVO

I. NOMBRE DEL PROYECTO.

Construcción de un Reactor Helicoidal de Flujo Pistón (PFR) a Escala Laboratorio

II. AUTORES.

Profesores del Departamento Académico de Química de la Facultad de Ciencias:

1. Víctor Augusto Caro Sánchez Benites
2. Paola Jorge Montalvo

III. CURSOS EN LOS QUE SE APLICÓ EL PROYECTO.

1. Fenómenos de Transferencia.
2. Físicoquímica.

IV. ÁREA EN LA QUE SE ENMARCA EL PROYECTO.

Integración de la investigación a la enseñanza.

V. OBJETIVOS.

1. Diseñar y construir, en trabajo colaborativo profesores-alumnos, un reactor de flujo pistón a escala laboratorio.
2. Aplicar el aprendizaje basado en la investigación de acuerdo con los contenidos del curso y la utilización del reactor construido.
3. Elaborar una "Guía de Prácticas" para utilizar el reactor.
4. Mejorar la motivación y las expectativas de los alumnos por el trabajo de investigación.

VI. METODOLOGÍA.

VI.1. PRIMERA FASE: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL REACTOR (CICLO 2012-I)

Se trabajó con los alumnos del curso de Fenómenos de Transferencia. Participaron todos los alumnos del curso. Se formó tres (3) grupos de trabajo y a cada uno de ellos se les asignó tareas.

GRUPO	TRABAJO ENCARGADO	OBJETIVOS PARTICULARES	FECHA
1	Determinación de la ecuación cinética de la hidrólisis básica de acetato de etilo	Elaborar el protocolo de determinación de la ecuación cinética.	17 de set a 18 oct
		Determinar experimentalmente la ecuación cinética	24 de octubre
		Diseñar el baño de temperatura constante	25 de oct al 8 de nov
		Hacer una corrida experimental utilizando el reactor construido	12 al 16 de dic.
2	Diseño del reactor	Hacer el diseño del reactor (primer avance)	17 de set a 18 oct
		Hacer el diseño del reactor (segundo avance)	19 de oct a 15 de nov
		Hacer una corrida experimental utilizando el reactor construido	12 al 16 de dic
3	Construcción del reactor	Diseñar el medidor de conductividad	17 de set a 18 oct
		Investigar y proponer el tipo de bomba a adquirir.	19 de oct a 8 de nov
		Construir el reactor	15 de nov a 9 de dic
		Hacer una corrida experimental utilizando el reactor construido	12 al 16 de dic

VI.2. SEGUNDA FASE: EJECUCIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN (CICLO 2012-II)

Se trabajó con los alumnos de Prácticas del curso de Físicoquímica-I. Se separó el grupo en dos:

Grupo de investigación: Ejecutó el proyecto de investigación: "Estudio Cinético de la Hidrólisis Básica de Acetato de Etilo en un Reactor Batch y Determinación de la Conversión en Reactor Helicoidal de Flujo Pistón". Este grupo estuvo conformado por los alumnos que habían desaprobado el curso y estaban llevándolo por segunda vez. Su trabajo durante todo el ciclo fue el desarrollo de la investigación, no fue evaluado de la manera tradicional.

Grupo control: llevó su curso de laboratorio de la manera tradicional. La manera tradicional consiste en desarrollar prácticas de laboratorio semanales y rendir dos exámenes durante el ciclo (examen parcial y examen final)

El grupo de investigación trabajó según el siguiente cronograma:

Propuesta del profesor sobre el proyecto de investigación que van a realizar los alumnos.	Abril 2012
Ejecución del proyecto de investigación por parte de los alumnos.	Abril – junio 2012
Elaboración, por parte de los alumnos, de la “Guía de Prácticas Para Usar el Reactor Helicoidal de Flujo Pistón”	Julio 2012
Evaluación de la motivación y expectativas de los alumnos.	Julio 2012

VII. PRESUPUESTO.

Fecha en que se recibió el monto	Monto	Rubro(s) principales en que se usó el monto	Fecha de la liquidación	Observaciones	VLIR
26.10.2011	S/.2,000.00	Materiales para la construcción del reactor	10.01.2012		

VIII. RESULTADOS

VIII.1 CONSTRUCCIÓN DEL REACTOR

El resultado final fue la construcción del reactor helicoidal de flujo pistón (PFR) a escala laboratorio. El reactor construido tiene las siguientes características:

- Reactor helicoidal de 1 litro de capacidad construido con tubería de acero inoxidable.
- 2 calentadores de reactantes de ½ litro de capacidad cada uno, construidos con tubería de acero inoxidable.
- Una chaqueta de calentamiento de 50 litros de acero inoxidable.
- Una bomba centrífuga para impulsar el agua de calentamiento.

GRUPO	TRABAJO ENCARGADO	RESULTADOS PARTICULARES	EVALUACIÓN (sistema vigesimal)
1	Determinación de la ecuación cinética de la hidrólisis básica de acetato de etilo	El grupo investigó sobre el tema y al final presentó el protocolo	16
		El grupo expuso el protocolo ante todos los alumnos del curso.	16
		El grupo determinó experimentalmente la ecuación cinética. Todos los alumnos del aula asistieron y colaboraron con la determinación.	18
		El grupo investigó y diseñó el baño de temperatura constante. Expuso su trabajo. Recibió información del grupo 2 que había investigado acerca de las temperaturas ideales para la reacción en estudio.	16
2	Diseño del reactor	El grupo investigó sobre el tema y al final presentó el avance del diseño. Previamente recibió información del grupo 1 (sobre la cinética de la reacción y sobre el baño de temperatura) y del grupo 3 (sobre el conductímetro y la bomba)	17
		El grupo expuso el avance del diseño ante todos los alumnos del curso.	17
3	Construcción del reactor	El grupo investigó y presentó el diseño del medidor de conductividad. Como parte de su trabajo recibió información del grupo 2.	16
		El grupo expuso la propuesta de diseño de conductímetro ante todos los alumnos del curso.	16
		El grupo investigó sobre diseño de reactores y además utilizó las propuestas de los otros grupos para proceder a la construcción del reactor	17
		El grupo se encargó de la construcción del reactor. Los materiales y partes del reactor fueron cotizados y adquiridos por el profesor.	17
Al final del ciclo el grupo 3, en presencia de todos los alumnos, hizo una corrida experimental con el reactor. A continuación cada el grupo 2 hizo una corrida experimental con el reactor para familiarizarse con él. El grupo 3 hizo lo propio. De esa manera se logró la participación de todos los alumnos del curso.			Grupo 1: 18 Grupo 2: 17 Grupo 3: 17

VIII.2 APRENDIZAJE BASADO EN LA INVESTIGACIÓN

TAREAS GRUPO CONTROL	RESULTADOS	EVALUACIÓN (sistema vigesimal)
Ejecución del proyecto de investigación.	Informe sobre “Estudio Cinético de la Hidrólisis Básica de Acetato de Etilo en un Reactor Batch”	16
	Informe sobre “Determinación de la Conversión en Reactor Helicoidal de Flujo Pistón”	16
Elaboración de la “Guía de Prácticas Para Usar el Reactor Helicoidal de Flujo Pistón”	Presentación de la guía (ver anexo)	16
Exposición	Exposición al final del ciclo ante todos los alumnos del curso	17

GRUPO	PROMEDIO FINAL EN LABORATORIO
INVESTIGACION	15
CONTROL	13,2

MOTIVACIÓN Y EXPECTATIVAS. OPINIÓN INDIVIDUAL. INTEGRANTES GRUPO CONTROL
Fue mucho más reconfortante que llevar otra vez el curso de laboratorio dado que es algo mucho más novedoso poder realizar un experimento porque no solo tenemos que memorizar teoría sino que llevamos a cabo un experimento propio donde cada uno es responsable del proceso y de que los resultados salgan adecuadamente.
Al final fue muy motivador tener que exponer y explicar todo el proceso seguido, así como también nuestras posibles fallas, por lo cual se complemento muy bien como parte del aprendizaje la exposición final.
He podido llevar el laboratorio y comparando con este nuevo proceso me ha parecido que es mucho más innovador y por ende capta más la atención del alumno por aprender más dado que en un curso de laboratorio la experimentación se hace a veces de manera mecánica y en la nueva metodología ha influenciado mayor interés por aprender del tema en mención dándole más énfasis del uso de nuestra creatividad para dar las posibles respuestas a las experiencias realizadas.
La interacción profesor alumno ha sido más directa y por ende con una mayor confianza para que podamos resolver nuestras dudas e inquietudes, dándonos más soltura para poder pedir apoyo en temas que no conocemos mucho así como también pidiendo un monitoreo de nuestros avances con el fin de que el profesor pueda darnos posibles soluciones a los procesos mal realizados, etc.

<p>Nos han evaluado dos profesores, el de teoría y de la practica; sin embargo el profesor de teoría ha sido el que mayor aportes nos ha dado y la profesora de práctica solo ha podido evaluar nuestro trabajo final, lo cual no me parece muy justo dado que como el profesor de teoría ha estado con nosotros en todos nuestros pasos comprende más claramente nuestros resultados así como nuestro trabajo, no solo grupal sino también individual, y dado que los porcentajes de ambos profesores tiene el mismo valor, creo yo que pudo haber sido mejor que ambos profesores nos apoyen ya sea los dos en las dos experiencias o uno en cada una.</p>
<p>Estoy muy satisfecho porque no solo pude aprender a realizar experiencias en el laboratorio bajo mi responsabilidad y con ayuda de asesores sino que también he podido dar a conocer mis experiencias adquiridas en el proceso hacia mis demás compañeros lo cual me hace sentir como un contribuyente en el aprendizaje del curso.</p>
<p>Para mí el proceso con esta nueva metodología creo ha sido más provechoso que haber repetido las mismas prácticas de laboratorio. Desde el principio me pareció interesante participar en un proyecto relacionado con el curso aunque mucho más aplicativo.</p>
<p>Meterse de lleno de forma práctica en un proyecto grupal implica mayor aprendizaje pues uno se puede equivocar y corregir éstos errores además de tener exclusivamente al profesor como guía para resolver las dudas que se puedan tener al inicio de la práctica o en el transcurso de la misma.</p>
<p>La interacción entre los profesores y nosotros los alumnos ha sido de confianza tanto como para agendar (sic) las prácticas como la entrega de informes y durante las experiencias, con las cuales me hicieron sentir motivado pues se siente como un equipo real de un trabajo que explica las bases de procesos industriales como las reacciones en reactores tubulares y procesos afines.</p>
<p>Estoy satisfecho con la manera en cómo se llevo a cabo la parte de laboratorio pues siento que he aprendido más sobre el proceso de una reacción y la búsqueda de un producto teniendo en cuenta la incidencia de la temperatura además de las herramientas que se puedan utilizar para disminuir el error en el proceso.</p>

IX. CONCLUSIONES

1. Se ha diseñado y construido, en trabajo colaborativo profesores-alumnos, un reactor helicoidal de flujo pistón a escala laboratorio.

2. Se ha aplicado el aprendizaje basado en la investigación de acuerdo con los contenidos del curso y la utilización del reactor de flujo pistón.
3. Se ha elaborado una “Guía de Prácticas” para Utilizar el Reactor”.
4. Los alumnos del grupo de investigación han logrado mejor rendimiento en el curso comparado con los alumnos del grupo control.
5. Los alumnos del grupo de investigación manifestaron un alto grado de motivación y expectativas por la nueva metodología.

- **DIFICULTADES ENCONTRADAS:**

1. Los alumnos del grupo de investigación manifestaron su discrepancia con la forma en que fueron evaluados. El curso de fisicoquímica tiene una parte teórica y una parte que corresponde a prácticas de laboratorio. El que suscribe es responsable sólo de la parte teórica. Se hizo la propuesta al profesor de laboratorio para que el grupo de investigación siguiera la nueva metodología lo que fue aceptado con la condición de que la evaluación fuese compartida. El profesor de laboratorio evaluó los informes (parcial y final) y la exposición final pero no hizo seguimiento permanente ni el monitoreo de todo el proceso. Eso condujo que al finalizar el ciclo las notas del que suscribe (nota 16) y el profesor de laboratorio (nota 14) se diferenciaron en dos puntos
2. No existe en el departamento de química un lugar definido para hacer con alumnos este tipo de trabajos de investigación. Tuvimos que trabajar en distintos laboratorios según la disponibilidad. También hubo carencia de algunos materiales de laboratorio que tuvimos que conseguir prestados.
3. La nueva metodología obliga a un mayor trabajo por parte del docente comparado con la forma tradicional.

- **RECOMENDACIONES PARA MEJORAR Y ENRIQUECER EL PROYECTO.**

Acondicionar un espacio en el departamento de química que podría llamarse. “Laboratorio para aplicar nuevas metodologías”, que contaría con materiales y reactivos propios.

Proponer que los profesores que van a aplicar nuevas metodologías tengan un crédito menos en su carga académica del ciclo.

- **ACCIONES PARA EXPANDIR EL PROYECTO Y QUE PERDURE EN EL TIEMPO.**

Presentar y proponer la nueva metodología como la forma de evaluar a los alumnos del laboratorio del curso de fisicoquímica-I. La metodología debería estar declarada en el sílabo a fin de darle solidez y legitimidad.

Proponer para las prácticas de laboratorio del curso de cinética química la utilización de dicho reactor y entregar a los profesores de esa área la “Guía de Prácticas Para Usar el Reactor Helicoidal de Flujo Pistón” que han preparado los alumnos.

X. COMENTARIOS SOBRE LA EXPERIENCIA DOCENTE

- He sentido que los alumnos se han entusiasmado aprendiendo de una forma diferente aplicando la nueva metodología basada en la investigación.
- Ha sido satisfactorio comprobar un mayor grado de aprendizaje de los alumnos mediante la nueva metodología.

XI. ANEXOS.

PRÀCTICA 1

ESTUDIO CINÉTICO DE LA HIDRÓLISIS BÁSICA DE ACETATO DE ETILO EN UN REACTOR BATCH

I. OBJETIVO

Determinar la ecuación cinética de la hidrólisis básica de acetato de etilo en un reactor Batch.

II. MATERIALES Y MÉTODO

Materiales:

- ✓ 200ml de NaOH 0.02M
- ✓ 200ml de Acetato de Etilo 0.02M
- ✓ Un conductímetro.
- ✓ Una estufa con agitador magnético.
- ✓ Un imán o clip.
- ✓ Un vaso de precipitado.
- ✓ Soporte con pinzas para el conductímetro.
- ✓ Un termómetro.
- ✓ Un cronómetro.

Método:

- Para determinar la ecuación cinética de la hidrólisis básica de acetato de etilo se utilizará el método integral descrito anteriormente.

III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Prepare 200 mL de acetato de etilo 0,02M
2. Preparare 200 mL de NaOH 0,02M
3. En dos contenedores conserve por separado 50 mL de acetato de etilo 0,02M y en el otro 50 mL de NaOH 0,02M.

4. Tenga prendido el conductímetro montado en el soporte listo para hacer mediciones.
5. Monte el vaso de precipitado de 250 mL sobre el agitador magnético.
6. Añada los 50mL de NaOH al vaso de precipitado, prenda el agitador e introduzca el magneto el cual permitirá homogenizar la mezcla.
7. Agregue de manera rápida y simultánea, el acetato de etilo contenido en una fiola tapada debido a la volatilidad de la sustancia.

IMPORTANTE: En el momento en que agrega el acetato de etilo junto al NaOH, ponga en marcha el cronómetro, este primer dato vendría a ser el **tiempo cero**.

8. Tome lectura de la temperatura al momento de mezclar los reactantes.
9. A la par se tome medidas de conductividad, **k**. Al inicio cada 5", 10", 30", 1', 2', 5', 10' y 20' hasta un tiempo total de 12 – 13 minutos.
10. Calcule la concentración y la conversión para cada tiempo en un cuadro como el siguiente:

Tiempo	Conductividad, k	C _A	X _A
0	k ₀		
30 s			
60 s			
∞	k _∞		

$$C_A = C_{A0} ((k - k_{\infty}) / (k_0 - k_{\infty})) \quad X_A = (k_0 - k) / (k_0 - k_{\infty})$$

Donde C_{A0} = 0,01M

11. Finalmente, en un vaso de precipitado se agregue 25 mL de NaOH 0,02M más 25 mL de agua destilada. Agite y mida la conductividad, **k₀**. Tome las precauciones necesarias para que la temperatura sea similar en ambas sustancias (Agua Destilada y NaOH).
12. Efectúe el mismo proceso con 50 mL de solución de acetato de sodio 0,01M. Mida su temperatura y verifique que sea similar con la del agua destilada. Finalmente mida su conductividad, **k_∞**.
13. Efectúe el mismo proceso a otras temperaturas.

PRÀCTICA 2

DETERMINACIÓN DE LA CONVERSIÓN DE LA HIDRÓLISIS BÁSICA DE ACETATO DE ETILO EN UN REACTOR TUBULAR

I. OBJETIVOS

- Evaluar la reacción de saponificación del acetato de etilo en un reactor helicoidal de flujo pistón.
- Determinar la conversión experimental en el reactor y utilizar la ecuación de diseño para determinar la conversión teórica y compararla con la conversión experimental.

II. MATERIALES

Materiales

- Reactor tubular.
- 3 baldes de plástico de 8 litros de capacidad cada uno.
- 2 bombas sumergibles.
- Conductímetro.
- Termómetro.
- Probeta de 100mL.
- Cronómetro.

III. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Prepare 10 litros de acetato de etilo 0.02M.
2. Prepare 10 litros de NaOH 0.02M.
3. Arme el reactor tubular. El sistema posee 3 partes: a) El reactor propiamente dicho, b) el baño de temperatura constante y c) los depósitos para reactivos cada uno con su respectiva bomba
4. Coloque igual cantidad de reactivo en un balde cada uno, en los cuales se han colocado las bombas.
5. Coloque un balde para coleccionar la salida del producto y encienda las bombas.
6. Haga funcionar el reactor por 15 minutos aproximadamente para que se estabilice.
7. Mida el caudal, la temperatura y la conductividad eléctrica de los productos a la salida del reactor.

8. Mida la conductividad a la salida del reactor en varios momentos afin de establecer en qué momento se llega al estado estable (estado estacionario). Tome los valores de conductividad que presenten mayor constancia.
9. Apague las bombas de los depósitos de reactivos y el baño de temperatura.
10. Desmante el sistema, deseche los residuos, lave todas las partes con agua corriente y deje secar.
11. Con la conductividad medida calcule la conversión experimental.
12. Calcule la conversión teórica.