



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

TESIS

**Crítica y propuesta del programa de estudio de la
asignatura: *Termodinámica Química*.**

A partir del seminario “La Ingeniería Química para egresados en ingeniería Química”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

PINEDA CONTRERAS BETUEHEL

DIRECTOR DE TESIS:

I.Q. ALEJANDRO JUVENAL GUZMÁN GÓMEZ

MÉXICO D.F.

NOVIEMBRE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DEDICATORIAS

A Dios, que me ha bendecido de sobremanera, sin el que nada de esto sería posible y que gracias a él puedo hacer los siguientes agradecimientos...

A mis padres, dedico este trabajo a los seres que me dieron la vida, amor y paciencia. Mi más profundo agradecimiento por haberme guiado, orientado y brindarme su amistad incondicional. Mi amor y respeto y por ser la fuente principal para la terminación de este trabajo. Papás los quiero mucho.

A ese hombre que siempre está a mi lado, que nunca deja de alentarme, de compartirme sus experiencias, y proporcionarme buenos consejos, que sin duda es mi ejemplo a seguir, mi padre: **ÁNGEL LEONARDO PINEDA PINEDA.**

A la mujer que pese a todas las adversidades que se le presentaron durante la vida, nunca me abandono, por su confianza, por sus bendiciones, porque siempre estuvo pendiente de mi formación, por sus cuidados, y por no dejar de creer en mí, mi madre: **EVA CONTRERAS LUNA.**

A mis hermanos **Josué, Saúl, Ángel, Paola**, que siempre me han brindado su cariño, respeto y confianza, los quiero.

A mi esposa **Yoana Elvira del Moral Sánchez**, por su incesante apoyo para culminar este trabajo, y sus consejos de seguir adelante, te quiero mucho.

A mis hijos, **Gael Pineda del Moral y Gloria Izel Pineda del Moral**, porque ustedes son mi fuente de inspiración y el motivo por el cuál tengo que ser una mejor persona para proporcionarles un buen ejemplo, los quiero mucho hijos hermosos.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en sus aulas.

A mi director de tesis el **I.Q. Alejandro Juvenal Guzmán Gómez**, por proporcionarme su tiempo, dedicación y confianza para realizar este trabajo.



Índice:

Resumen-----	4
Objetivos-----	5
1.- Congruencia de los objetivos de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> con el perfil profesional-----	6
1.1.- Objetivo general-----	6
1.2.- Perfil profesional-----	7
A) Manejo y control de las plantas industriales de proceso-----	7
B) Desarrollo de proyectos para la industria de procesos químicos-----	7
A1) Operación-----	7
B1) Ingeniería de procesos-----	8
1.3.- Crítica-----	8
2.- Congruencia de los objetivos de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> con los objetivos del módulo <i>Procesos de Separación</i> -----	10
2.1.- Objetivos generales del módulo <i>Procesos de Separación</i> -----	11
2.2.- Crítica-----	11
3.- Congruencia de los contenidos de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> con los objetivos de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> -----	13
3.1.- Contenidos de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> -----	13
3.2.- Crítica-----	14
4.- Congruencia vertical de los contenidos de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> , con las asignaturas anteriores y posteriores-----	15
4.1.- Asignaturas anteriores a <i>Termodinámica Química</i> .-----	15
4.1.2.- Matemáticas I-----	15
4.1.3.- Crítica-----	16



4.1.4.- Matemáticas II-----	17
4.1.5.- Crítica-----	18
4.1.6.- Físicoquímica I-----	19
4.1.7.- Crítica-----	20
4.1.8.- Físicoquímica II-----	21
4.1.9.- Crítica-----	21
4.1.10.- Balance de masa y energía-----	22
4.1.11.- Crítica-----	24
4.1.12.- Métodos numéricos-----	25
4.1.13.- Crítica-----	26
4.2.- Asignaturas consecuentes a <i>Termodinámica Química</i> -----	27
4.2.1.- Ingeniería de reactores-----	27
4.2.2.- Crítica-----	28
4.2.3.- Ingeniería de procesos-----	29
4.2.4.- Crítica-----	30
5.- Congruencia horizontal de los contenidos de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> , con las asignaturas con las asignaturas del módulo <i>Procesos de Separación</i> -----	32
5.1.- Termodinámica Química-----	32
5.2.- Diseño de Equipo de Separación-----	33
5.3.- Transferencia de Masa-----	34
5.4.- Laboratorio y Taller de Proyectos de séptimo semestre-----	36
5.5.- Crítica de las asignaturas del módulo procesos de separación-----	37
6.- Distribución de las cargas horarias para desarrollar cada tema del programa de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> -----	39
6.1.- Crítica-----	39



7.- Análisis de las estrategias didácticas de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> -----	40
7.1.- Crítica-----	40
8.- Análisis de los instrumentos de evaluación de la asignatura <i>Termodinámica Química</i> -----	41
8.1.- Crítica-----	41
9.- Análisis del perfil profesiográfico-----	42
9.1.- Crítica-----	42
10.- Análisis de la bibliografía recomendada para el curso de <i>Termodinámica Química</i> -----	43
10.1.- Crítica-----	43
Conclusiones-----	45
Recomendaciones-----	46
Bibliografía utilizada-----	50



Resumen

En este proyecto se ha analizado y criticado el programa de estudio de la asignatura *Termodinámica Química* basado en el actual plan de estudios (Octubre 2013), de la carrera de Ingeniería Química que se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El desarrollo se basa en la congruencia que debe existir en cada uno de los distintos puntos de ésta asignatura, tales como son los objetivos de la asignatura, el perfil profesional, los objetivos del módulo *Procesos de Separación* y los contenidos de la asignatura en primer lugar, posteriormente el análisis se enfoca a la congruencia que existe entre las materias anteriores y posteriores a la asignatura, el análisis continúa con la relación que se presenta entre las asignaturas del módulo *Procesos de Separación* y la asignatura *Termodinámica Química*. Por último, se trabajó en la calidad y las cualidades de la manera en que se imparte esta asignatura. Con este análisis se pueden proponer algunas mejoras y con todo esto lograr que el estudiante pueda comprender de manera más eficiente los contenidos académicos que le proporciona la asignatura en cuestión.

A partir de los resultados obtenidos puedo comentar que la asignatura *Termodinámica Química* es muy importante, dando herramientas necesarias para que el Ingeniero Químico egresado de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza pueda desenvolverse en diferentes ramas de la ingeniería, como en el manejo y control de las plantas industriales de proceso, dentro del área de operación y en la ingeniería de procesos, logrando destacar en cada una de ellas, al proponer algunas recomendaciones. Considero que se puede mejorar la formación de las nuevas generaciones y volver a posicionar el nombre de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza con un prestigio considerable dentro del campo profesional.



Objetivos



Objetivo principal

El objetivo global que se persigue con el desarrollo de este trabajo es establecer una crítica que permita mejorar el programa establecido para desarrollar e impartir académicamente la asignatura *Termodinámica Química*. Para poder elaborar la crítica de la asignatura se llevarán a cabo una serie análisis de los diferentes aspectos de la asignatura.

Objetivos particulares

Para poder conseguir y alcanzar el objetivo principal ha sido necesario definir un cierto número de objetivos particulares, los cuales se describen a continuación:

- ❖ Relacionar el objetivo de la asignatura *Termodinámica Química*, y el objetivo del módulo *Procesos de Separación*, con el del perfil profesional del *Ingeniero Químico*, para determinar si existe una congruencia entre estos tres puntos que se marcan en el actual plan de estudios.
- ❖ Relacionar los contenidos de la asignatura *Termodinámica Química*, con los contenidos de todas las asignaturas del mapa curricular, para determinar con que asignaturas si presenta la relación adecuada, y de esta manera, identificar si se encuentra ubicada en el módulo adecuado y si es necesaria para la carrera.
- ❖ Establecer el perfil del profesor encargado de impartir *Termodinámica Química*, identificar los instrumentos de evaluación, las estrategias de enseñanza y el tiempo que se dedica a esta asignatura, para determinar las herramientas adecuadas con las cuales el alumno puede enfrentarse de una mejor manera dentro del campo profesional.



1. Congruencia de los objetivos de la asignatura *Termodinámica Química*, con el perfil profesional.

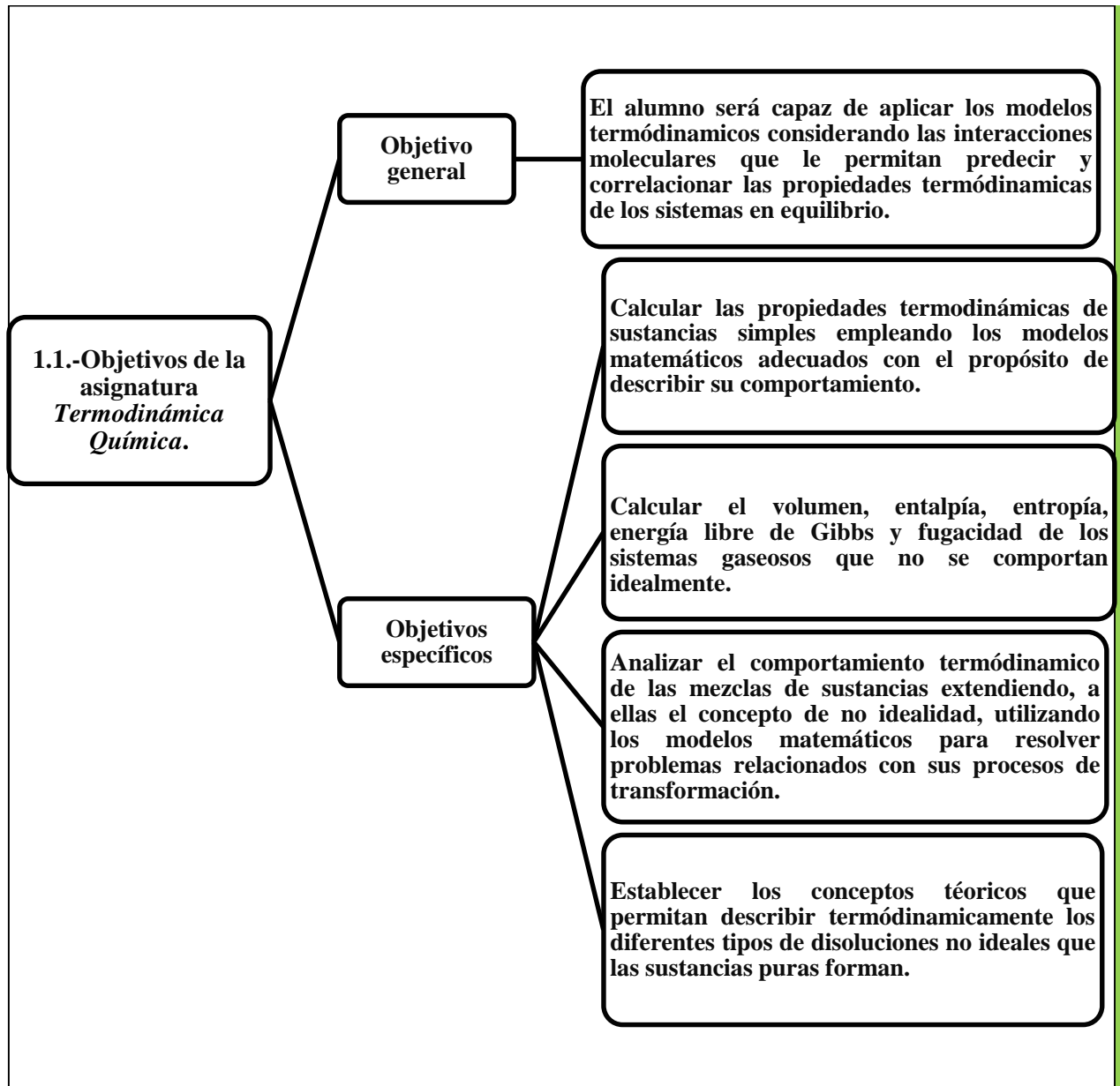


Tabla 1- Objetivos de la asignatura *Termodinámica Química*

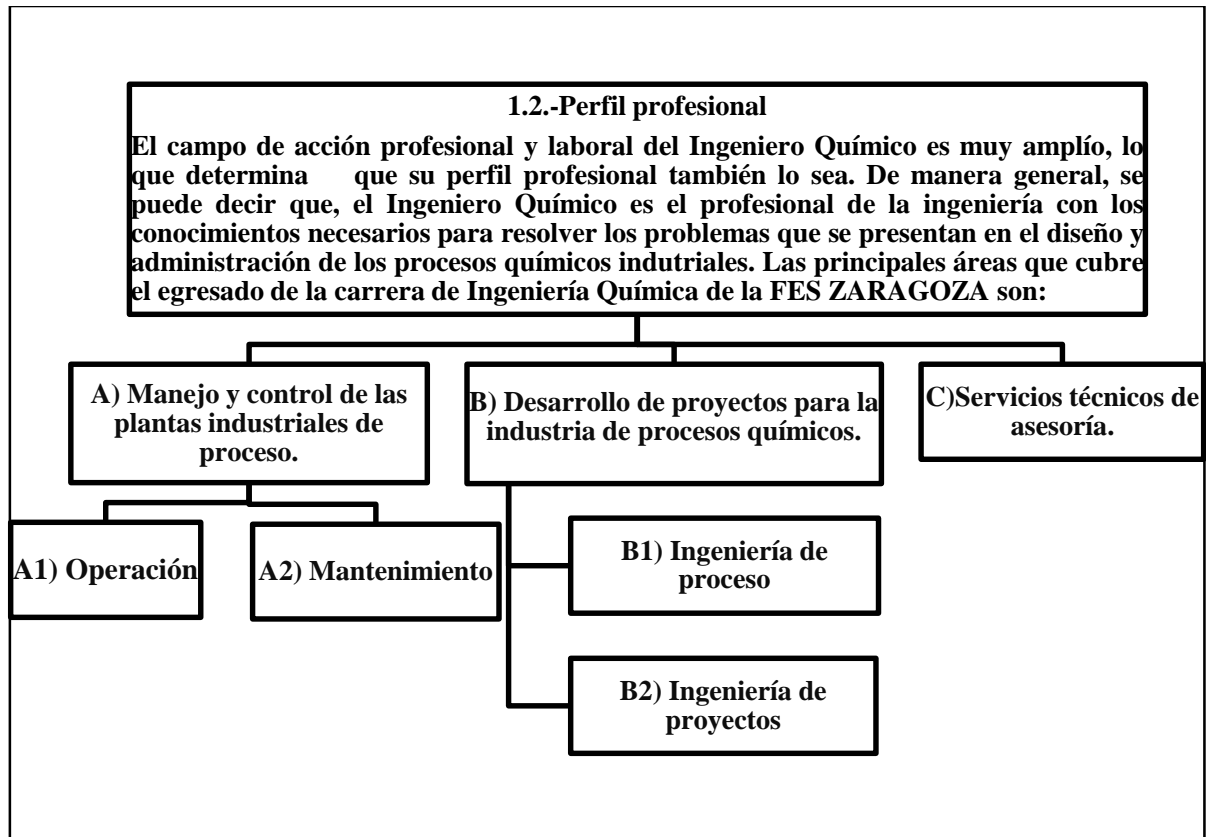


Tabla 2- Perfil profesional.

A.1) Operación

En esta área se requiere realizar un trabajo en conjunto con otros profesionistas, a fin de:

- Interpretar los diagramas funcionales, eléctricos, de tuberías e instrumentación.
- Entender el funcionamiento de los equipos aislados y del proceso en su conjunto.
- Establecer balances de materia y energía.
- Atender el control de calidad de materias primas y productos.
- Supervisar y controlar las emisiones contaminantes.
- Manejar el personal a su cargo.



- Coordinar la buena operación del proceso y optimizar la producción.
- Elaborar reportes periódicos de producción y analizarlos desde el punto de vista de costos, rendimientos y productividad del equipo y personal.
- Colaborar en el establecimiento de la producción de la planta, de inventarios de materias primas y productos, así como de medidas de seguridad en situaciones de emergencia.

BI.) Ingeniería de procesos

El egresado en colaboración con profesionistas con experiencia, habrá de:

- Seleccionar las bases de diseño del producto y del proceso.
- Establecer la disponibilidad de materias primas y de otros insumos.
- Determinar el comportamiento dinámico del proceso y de los sistemas de control.
- Seleccionar y dimensionar los equipos principales.
- Analizar las alternativas de los procesos desde los puntos de vista técnico, económico, de utilización de mano de obra y recursos naturales, mediante estudios en planta piloto y simulación con modelos matemáticos. Así mismo, evaluará, los sistemas adecuados que prevengan la contaminación ambiental.

1.3. Crítica

Considero que con lo plasmado dentro de los objetivos de la asignatura ***Termodinámica Química***, se tiene una relación solo en los siguientes puntos que marca el perfil profesional:

A1) Operación

- Identificar el funcionamiento de los equipos aislados y del proceso en su conjunto.
- Atender el control de calidad de materias primas y productos.
- Elaborar reportes periódicos de producción y analizarlos desde el punto de vista de costos, rendimientos y productividad del equipo y personal.

El Ingeniero Químico puede obtener, mediante el cálculo de las propiedades termodinámicas de las sustancias simples, como de los sistemas gaseosos, y de las mezclas de sustancias, las condiciones de operación de los equipos de manera individual, y de un proceso global.

Una vez que se cuenta con estas condiciones de operación se pueden obtener tanto las materias primas, como los productos finales, con una mejor calidad, ya sea para seguir con las diferentes etapas del proceso, o a la hora de obtener el producto final, con todo esto se



puede llevar a cabo el reporte de producción y realizar el análisis, desde los siguiente puntos de vista:

- ❖ Costos: A simple vista se observa una disminución en los costos de producción debido a que las condiciones de operación, obtenidas mediante el cálculo de las propiedades termodinámicas, eliminan lo que en la industria se conoce como reprocesos, ya que nos permiten obtener los productos con una mayor calidad.
- ❖ Rendimiento: Al momento de disminuir y/o eliminar los reprocesos, los rendimientos durante la producción se incrementan, llevando con ello una mejor productividad con los diferentes equipos de trabajo.

B1) Ingeniería de proceso

- Con ayuda de las propiedades termodinámicas, y de las condiciones de operación, el Ingeniero Químico, puede establecer la disponibilidad de las materias primas, para tener una producción continua y evitar retrasos en la producción, así como de mantener satisfechos a sus clientes, entregando los productos en tiempo y con la calidad requerida.

Sin embargo, al analizar aspectos que se mencionan dentro del perfil profesional como:

- a) Supervisar y controlar emisiones contaminantes.
- b) Manejo del personal a cargo.
- c) Medidas de seguridad en situaciones de emergencia.
- d) Simulación con modelos matemáticos.

A través de mi experiencia como estudiante puedo mencionar que no encuentro alguna materia en la que se le proporcionen los conocimientos necesarios para que el Ingeniero Químico, pueda adquirir las habilidades necesarias y poder llevar a cabo las actividades relacionadas en los puntos anteriormente mencionados, por lo que propongo la posibilidad de impartir materias relacionadas con, temas de seguridad, medio ambiente, relaciones personales y simulación de procesos.

Con respecto a los siguientes apartados: A2) Mantenimiento, B2) Ingeniería de proyectos y C) Servicios técnicos de asesoría, mencionados dentro del perfil profesional, considero que no presentan congruencia con los objetivos de la asignatura *Termodinámica Química*, sin embargo, son tratados dentro de alguna otra materia dentro del mapa curricular del Ingeniero Químico egresado de la FES ZARAGOZA.



2. Congruencia de los objetivos de la asignatura *Termodinámica Química*, con los objetivos del módulo *Procesos de Separación*.

Los objetivos de la asignatura *Termodinámica Química*, se presentan en la tabla 1

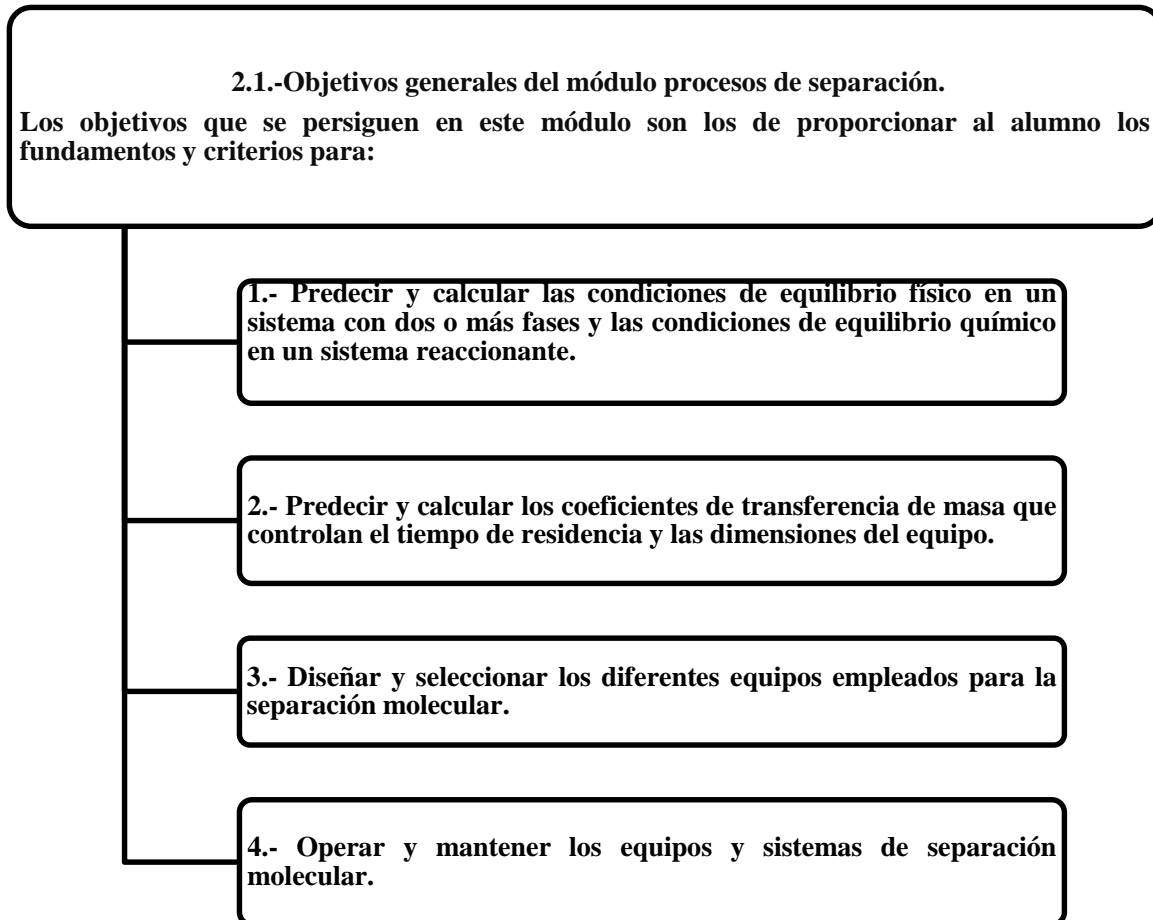


Tabla 3- Objetivos generales del módulo procesos de separación.



2.2.- Crítica

Los objetivos de la asignatura *Termodinámica Química* están relacionados con los objetivos del módulo *Procesos de Separación*, de tal manera que los estudiantes encontrarán las herramientas necesarias para solucionar el problema con respecto a la modificación de la composición de soluciones y mezclas mediante métodos que no impliquen, necesariamente, reacciones químicas. En el caso de mezclas, las separaciones pueden ser totalmente mecánicas, como la filtración de un sólido a partir de una suspensión en un líquido, la clasificación de un sólido por tamaño de partícula mediante cribado o la separación de partículas en un sólido basándose en su densidad.

Por otra parte, si las operaciones cambian la composición de soluciones, entonces se conocen como operaciones de transferencia de materia, estas operaciones son las que nos interesan estudiar dentro del módulo *Procesos de Separación*, ya que con estos conocimientos se podrán diseñar y seleccionar los diferentes equipos empleados para realizar la separación de sustancias puras y sus mezclas. Es mucha la importancia de estas operaciones. Raro es el proceso químico que no requiere de la purificación inicial de las materias primas o de la separación final de los productos y subproductos, para esto, en general, se utilizan las operaciones de transferencia de materia. Con frecuencia, el costo principal de un proceso deriva de las separaciones. Los costos por separación o purificación dependen directamente de la relación entre la concentración inicial y final de las sustancias separadas; si esta relación es elevada, también lo serán los costos de producción. El fenómeno que nos interesa estudiar dentro del módulo *Procesos de Separación*, es la transferencia de materia, la cual es el resultado de la diferencia de concentraciones en donde la sustancia que se difunde abandona un lugar en que está muy concentrada y pasa a un lugar de baja concentración.

Sin embargo, los objetivos de la asignatura *Termodinámica Química*, se encuentran relacionados directamente con el objetivo número 1 del módulo *Procesos de Separación*, debido a que los conocimientos que se plantean dentro de los objetivos de la asignatura, permiten al estudiante poder predecir y calcular las condiciones de equilibrio físico en un sistema con dos o más fases fundamentales para los procesos de separación y las condiciones de equilibrio químico en un sistema reaccionante.

Con respecto a los objetivos 2 y 3 puedo comentar que dichos conocimientos se adquieren dentro de las asignaturas, *Transferencia de Masa y Diseño de Equipo de Separación*, respectivamente.

Al realizar la crítica al punto 4 de los objetivos del módulo *Procesos de separación*, considero que estos conocimientos se complementan dentro de la asignatura *Laboratorio y Taller de Proyectos* y las actividades deben realizarse dentro de la planta piloto, utilizando los equipos de proceso que nos permiten llevar a cabo la separación de mezclas.

Tengo que mencionar que en el momento en que me tocó cursar las asignaturas del módulo *Procesos de Separación*, los equipos de proceso empleados en la separación, equipos como la torre de destilación, torre de burbujeo, torre de enfriamiento, no



funcionaban, por lo que los conocimientos que plantea el punto 4 se ven *limitados*, ya que como estudiante no se adquiere la experiencia de poder observar operando los equipos de proceso que nos permiten la separación de mezclas.

Debido a esta situación, es de gran importancia mencionar, que para cumplir con los objetivos del módulo es necesario que los estudiantes puedan manipular y mantener en operación, los equipos de proceso empleados en la separación de mezclas.



3. Congruencia de los contenidos de la asignatura *Termodinámica Química*, con los objetivos de la asignatura *Termodinámica Química*.

3.1.-Contenidos de la asignatura *Termodinámica Química*.

UNIDAD	TEMAS Y SUBTEMAS
<p>1. Cálculo de las propiedades termodinámicas de los sistemas gaseosos que no se comportan idealmente.</p>	<p>1.1. Cálculo del volumen de un gas puro y de una mezcla gaseosa usando ecuaciones de estado. 1.2. Cálculo de la entalpía, entropía y energía libre de Gibbs, de un gas puro y de una mezcla usando ecuaciones de estado. 1.3. Cálculo de la fugacidad de un gas puro y de una mezcla gaseosa usando ecuaciones de estado.</p>
<p>2. Cálculo de las propiedades termodinámicas de las disoluciones líquidas no ideales-equilibrio líquido vapor.</p>	<p>2.1. Propiedades termodinámicas de las disoluciones. Modelos de disoluciones ideales. 2.2. Propiedades termodinámicas de las disoluciones. Modelos de disolución no ideal. 2.3. Equilibrio líquido-vapor para sistemas binarios, ternarios y de multicomponentes.</p>
<p>3. Equilibrio químico en sistemas no ideales.</p>	<p>3.1. Conceptos fundamentales de la termodinámica. 3.2. Equilibrio químico. 3.3. Reactores adiabáticos. 3.4. Reacciones en competencia.</p>

Tabla 4- Contenidos de la asignatura *Termodinámica Química*.

Los objetivos de la asignatura *Termodinámica Química*, se presentan en la tabla 1



3.2.-Crítica

Al analizar los contenidos del programa de la asignatura *Termodinámica Química*, puedo opinar que se encuentran orientados para alcanzar los objetivos de la misma asignatura, ya que mediante el estudio teórico de los temas que se encuentran en el contenido del programa, se pueden realizar los cálculos de las propiedades termodinámicas de los sistemas gaseosos que no se comportan idealmente, de las disoluciones líquidas no ideales, equilibrio líquido-vapor, y del equilibrio químico en sistemas no ideales. Todos estos conocimientos contribuyen a alcanzar los objetivos de la asignatura.

Dentro de este punto tengo que mencionar que, como estudiantes, nos orientamos más a realizar los cálculos matemáticos y llegar a obtener el resultado numérico correcto, y considero que mientras obtengamos el resultado correcto estamos cumpliendo con la formación del Ingeniero Químico. Sin embargo, ahora como profesional puedo mencionar la enorme importancia de realizar una interpretación previa de los problemas planteados, al momento de realizar y/o ejecutar los modelos matemáticos que nos permitirán obtener el resultado correcto y posteriormente orientar al estudiante a que pueda interpretar los resultados obtenidos, además es de gran importancia que el estudiante pueda interpretar los fenómenos que está analizando en *Termodinámica Química*.



4. Congruencia vertical, de los contenidos de la asignatura *Termodinámica Química*, con las asignaturas anteriores y posteriores.

Los contenidos de la asignatura *Termodinámica Química*, se muestran en la tabla 3.1.

4.1 Asignaturas anteriores a la materia *Termodinámica Química*

4.1.2 Matemáticas I

Unidad	Temas y subtemas
1. Conjuntos, números reales y funciones.	1.1 Conjuntos y números reales.
	1.2 Funciones.
	1.3 Funciones potenciales.
	1.4 Funciones periódicas. Trigonometría.
	1.5 Funciones exponencial y logarítmica.
2. Números complejos, teoría de ecuaciones y elementos de álgebra lineal.	2.1 Números complejos.
	2.2 Teoría de ecuaciones.
	2.3 Elementos de álgebra lineal.
3. Cálculo diferencial en una variable real.	3.1 Límite y continuidad.
	3.2 Derivadas y diferenciales.
	3.2.1 Máximos y mínimos.
	3.2.2 Diferenciales.
4. Cálculo diferencial en \mathbb{R}^n .	4.1 Funciones de más de una variable.
	4.2 Límite y continuidad de más de una variable.
	4.3 Derivada parcial.
	4.4 Diferencial total.
	4.5 Máximos, mínimos y puntos silla.



4.1.3 *Crítica*

La relación que se observa entre esta asignatura con la asignatura *Termodinámica Química* se da con los temas que se proporcionan en el punto 1.2.- Funciones, 3.2.- Derivadas y diferenciales, 4.3.-Derivada Parcial, 4.4.-Diferencial Total , ya que con estos conocimientos el estudiante de Ingeniería Química puede realizar los cálculos de las propiedades termodinámicas de los sistemas gaseosos que no se comportan idealmente “Unidad 1”, así como realizar los cálculos que indican los siguientes puntos de la “Unidad 2”, 2.1.- Cálculo de las propiedades termodinámicas de las disoluciones, modelos de disoluciones ideales y 2.2.- Cálculo de las propiedades termodinámicas de las disoluciones, modelos de disolución no ideal. Ya que se utilizan las funciones y los conceptos y técnicas de derivación y diferenciales para resolver los problemas propuestos con las ecuaciones ya predeterminadas para cada uno de los temas.



4.1.4 *Matemáticas II*



Unidad	Temas y subtemas
1. Cálculo integral.	1.1 Series de Taylor y McLaurin.
	1.2 El problema de cálculo de áreas.
	1.3 La Integral definida. Propiedades.
	1.4 Integral de funciones potenciales.
	1.5 Teorema del valor medio para integrales, teorema fundamental del cálculo.
	1.6 La Integral como antiderivada. Integral Indefinida.
	1.7 Definición de la función logarítmica a través de la integral x^{-1} .
	1.8 Métodos de Integración.
2. Ecuaciones Diferenciales de Primer Orden y Primer Grado.	2.1 Concepto de Ecuación Diferencial.
	2.2 Ecuaciones diferenciales de primer orden.
	Diferenciales exactas y Factores de Integración.
	Ecuaciones diferenciales homogéneas de primer orden.
	2.3 Trayectorias ortogonales.
	Ecuaciones reducibles a ecuaciones de primer orden.
	Aplicaciones de las ecuaciones diferenciales de primer orden, en Ciencia e Ingeniería, mediante una substitución.
3. Ecuaciones Diferenciales Lineales de Orden Superior y Sistemas de Ecuaciones	3.1 Existencia y unicidad de las soluciones.
	3.2 Ecuaciones diferenciales de segundo orden.
	3.3 Coeficientes Constantes.
	3.4 Ecuación lineal homogénea de 2º orden.



Diferenciales.	3.5 Método de Variación de Parámetros.
	3.6 Ecuaciones lineales de orden superior.

4.1.5 Crítica

La congruencia que se observa entre *Matemáticas II* y *Termodinámica Química*, se presenta con los conocimientos que se imparten dentro del punto 1.3.- La integral definida y el punto 1.8.- Métodos de integración ya que gracias a estos conocimientos el estudiante puede aplicar el cálculo integral en la construcción de modelos matemáticos que le permitan realizar el cálculo de las propiedades termodinámicas de diferentes mezclas de gases, así como las propiedades termodinámicas de las disoluciones no ideales, utilizando las ecuaciones predeterminadas para cada propiedad.



4.1.6 Físicoquímica I

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Termodinámica	1.1 La fisicoquímica, sus ramas, métodos y aplicaciones.
	1.2 La termodinámica, sus orígenes, desarrollo y aplicaciones.
	1.3 Conceptos fundamentales.
	1.4 La primera ley de la termodinámica para sistemas cerrados.
	1.5 La segunda ley de la termodinámica.
	1.6 La tercera ley de la termodinámica.
	1.7 Ecuaciones fundamentales para sistemas cerrados y simples.
	1.8 Ecuaciones fundamentales para sistemas abiertos.
2. Procesos Termodinámicos	2.1 Termodinámica de un gas ideal.
	2.2 Termodinámica de gases reales.
3. Termodinámica de las Sustancias Puras.	3.1 Comportamiento termodinámico de las sustancias. Diagramas termodinámicos. Fases: sólida, líquida y gaseosa. Zonas de coexistencia, punto crítico y punto triple. Tablas de vapor de las sustancias.
	3.2 Condiciones termodinámicas del equilibrio físico y ecuaciones que las



	definen.
	3.3 Funciones termodinámicas del equilibrio físico y ecuaciones que la definen.
	3.4 Propiedades macroscópicas de los estados de agregación de las sustancias reales y de las superficies que los delimitan.

4.1.7 Crítica

La fisicoquímica es la base de la asignatura *Termodinámica Química*, por lo que existe una gran relación entre estas dos asignaturas, ya que con los contenidos que se estudian dentro de las tres unidades de fisicoquímica I, el estudiante adquiere el conocimiento adecuado para poder aplicar los contenidos que se plantean dentro de la unidad 1 de *Termodinámica Química*. Debido a que en fisicoquímica I se estudia el origen de la termodinámica, conceptos fundamentales, así como las propiedades, condiciones y equilibrio termodinámico de gases y de sustancias puras, con todo esto podemos llevar a cabo el cálculo de las propiedades termodinámicas de los sistemas gaseosos que no se comportan idealmente.



4.1.8 Físicoquímica II

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Termodinámica de las Disoluciones.	1.1 Introducción e importancia del estudio de las soluciones.
	1.2 Comportamiento de las soluciones líquidas y modelos de soluciones líquidas.
	1.3 Comportamiento y modelos de soluciones reales equilibrio líquido-vapor.
	1.4 Propiedades termodinámicas de las soluciones. Modelos de solución ideal y real.
2. Sistemas Químicos en Equilibrio.	2.1 Termoquímica.
	2.2 Equilibrio químico.
	2.3 Análisis del equilibrio químico.
3. Cinética Química.	3.1 Cinética química.
	3.2 Factores que afectan la velocidad de reacción.
	3.3 Orden de reacción.
	3.4 Aspectos teóricos acerca de las reacciones químicas.



4.1.9 Crítica

Esta materia, al igual que fisicoquímica I, es de gran importancia para aplicar los conocimientos que se manejan dentro de las unidades 2 y 3 del contenido de la asignatura ***Termodinámica Química***, ya que en fisicoquímica II se estudia la termodinámica de las disoluciones y sistemas químicos en equilibrio, una vez que el estudiante cuenta con esta base puede llevar a cabo el cálculo de las propiedades termodinámicas de las disoluciones líquidas no ideales, equilibrio líquido-vapor, así como el equilibrio químico en sistemas no ideales, por lo que existe una enorme relación entre estas dos asignaturas.



4.1.10 Balances de Masa y Energía

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Introducción.	1.1 ¿Qué es el Ingeniero Químico?
	1.2 La ingeniería química en México.
	1.3 Campos de trabajo en la industria.
2. Sistemas de unidades y análisis dimensional.	2.1 Unidades fundamentales y derivadas.
	2.2 Sistemas de unidades.
	2.3 Ecuaciones dimensionales.
	2.4 Grupos adimensionales.
	2.5 Métodos para la obtención de ecuaciones dimensionales, (Teorema π y método de Buckingham).
3. Principios generales.	3.1 Principio de conservación de la masa, Principio de continuidad.
	3.2 Principio de conservación de energía.
	3.3 Ecuación de estado.
	3.4 Principio de estados correspondientes.
	3.5 Mezclas de gases reales.
	3.6 Funciones termodinámicas y aplicaciones. 1ª Ley de la termodinámica, termoquímica. 2ª Ley de la termodinámica, criterios de equilibrio, relaciones de Maxwell, construcción de diagramas y su utilización (Mollier, factor de compresibilidad, constante de Henry, etc.).
	3.7 Termodinámica de gases reales. Cálculo de actividad y fugacidad en componentes puros y en



	mezclas.
	3.8 Constantes de equilibrio en sistemas homogéneos y heterogéneos, (Sistemas ideales y reales).
4. Balances de masa y energía.	Balances de Masa.
	4.1 Selección de la base de cálculo.
	4.2 Balance total y por componente.
	4.3 Cálculo en base masa y mol.
	4.4 Balances con recirculaciones.
	4.5 Balances con recirculación.
	4.6 Balances en operaciones consecutivas (paralelo, contracorriente y cruzada).
	4.7 Método de Nagiev.
	Balances de Energía.
	4.8 Cálculo de cambio de entalpía. Calor sensible y calor latente.
	4.9 Teorema de Bernoulli.
	4.10 Balance general de energía.
	4.11 Calor de mezclado y solución.
	4.12 Diagramas entalpía-concentración.
	4.13 Balances combinados de masa y energía.
	4.14 Aplicación a las operaciones unitarias.
4.15 Destilación.	
4.16 Humidificación.	



	4.17 Secado.
--	--------------

4.1.11 Crítica

Dentro de los contenidos de la asignatura balance de materia y energía, se observa una amplia congruencia con los contenidos de la asignatura termodinámica química, desde el análisis dimensional hasta los balances de masa y energía.

Sin embargo, considero que los contenidos mencionados dentro de la unidad 1 no fueron proporcionados en el momento en que cursé la asignatura, con respecto a los contenidos de la unidad 2 puedo decir que se les asigna bastante tiempo del semestre y se me hace más conveniente proporcionar estos conocimientos en alguna asignatura anterior a la presente asignatura, por lo que me agrada la idea de proponer la materia de física dentro del tronco común de la carrera.

Con respecto a los contenidos de la unidad 3, se mencionan los conceptos fundamentales de la termodinámica, dichos conocimientos se emplean bastante dentro de la asignatura termodinámica química, siguiendo con los contenidos de la unidad 4 se hace referencia a los conceptos de balance de masa y energía, en los que solo se le dedica tiempo a los conceptos de balance de masa, sin embargo, no alcanza el tiempo asignado durante el semestre para proporcionar los conocimientos sobre balances de energía. Por lo que puedo comentar que al no contar con los conocimientos de balance de energía se complican bastante las asignaturas consecuentes.



4.1.12 Métodos Numéricos

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Introducción.	1.1 Papel de los métodos numéricos en la ciencia y la ingeniería.
	1.2 Breve panorama histórico y actual de la computación. Lenguaje FORTRAN. Propositiones elementales. Ordenes de Control. Máquina B6700 en CSC. UNAM.
2. Evaluación de funciones.	2.1 Raíces de una ecuación.
	2.2 Problemas de convergencia y redondeo.
	2.3 Secante.
	2.4 Regla falsa.
	2.5 Punto Fijo.
	2.6 Método de Newton-Raphson.
3. Interpolación.	3.1 El problema de interpolación a partir de datos experimentales.
	3.2 Diferencias. Lagrange, Evarett, Bassel, Aitken.
4. Cuadratura.	4.1 Integración numérica.
	4.2 Regla del trapecio, de Simpson y Gauss.
	4.3 Problemas de convergencia y redondeo.
	4.4 Derivación numérica.
5. Ecuaciones diferenciales ordinarias.	5.1 Solución por serie de potencias. Taylor y McLaurin.
	5.2 Método de Runge-Kutta.
	5.3 Métodos predictor – corrector.



6. Sistemas de ecuaciones algebraicas lineales.	6.1 Inversa de una matriz. Diagonalización. Pivoteo.
	6.2 Gauss – Seidel.
	6.3 Errores y redondeo.
	6.4 Análisis de regresión.

4.1.13 Crítica

Esta materia es de gran importancia ya que con los conocimientos adquiridos se llevan a cabo los cálculos necesarios para poder determinar las diferentes propiedades termodinámicas de los sistemas gaseosos que no se comportan idealmente, de la misma manera las propiedades termodinámicas de las disoluciones y el equilibrio químico. Ya que en ocasiones se tienen que determinar algunos valores de las ecuaciones predeterminadas ya sea por interpolación o utilizando algún otro método, como pueden ser integración numérica para calcular los coeficientes de fugacidad de datos experimentales, raíces de ecuaciones no lineales para el cálculo (P^o) con ecuación de estado.



4.2 Asignaturas consecuentes a la materia Termodinámica Química.

Termodinámica Química

UNIDAD	TEMAS Y SUBTEMAS
1. Cálculo de las propiedades termodinámicas de los sistemas gaseosos que no se comportan idealmente.	<p>1.1. Cálculo del volumen de un gas puro y de una mezcla gaseosa usando ecuaciones de estado.</p> <p>1.2. Cálculo de la entalpía, entropía y energía libre de Gibbs, de un gas puro y de una mezcla usando ecuaciones de estado.</p> <p>1.3. Cálculo de la fugacidad de un gas puro y de una mezcla gaseosa usando ecuaciones de estado.</p>
2. Cálculo de las propiedades termodinámicas de las disoluciones líquidas no ideales-equilibrio líquido vapor.	<p>2.1 Propiedades termodinámicas de las disoluciones. Modelos de disoluciones ideales.</p> <p>2.2 Propiedades termodinámicas de las disoluciones. Modelos de disolución no ideal.</p> <p>2.3 Equilibrio líquido-vapor para sistemas binarios, ternarios y de multicomponentes.</p>
3. Equilibrio químico en sistemas no ideales.	<p>3.1 Conceptos fundamentales de la termodinámica.</p> <p>3.2 Equilibrio químico.</p> <p>3.3 Reactores adiabáticos.</p> <p>3.4 Reacciones en competencia.</p>

4.2.1 Ingeniería de Reactores

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Introducción a la cinética química.	1.1 Cinética química, Generalidades.
	1.2 Mecanismos.
	1.3 Catálisis, Catálisis Heterogénea.
2. Introducción a la ingeniería de reactores.	2.1 Reactores continuos.
	2.2 Reactores intermitentes.
3. Reactores homogéneos	3.1 Cinética de las reacciones homogéneas.
	3.2 Diseño de reactores isotérmicos y adiabáticos.



isotérmicos.		
4. Reactores heterogéneos isotérmicos.	no	4.1 Cinética de reacciones heterogéneas, catalizadas y no catalizadas.
		4.2 Transferencia de masa y energía en catalizadores sólidos.
5. Reactores heterogéneos isotérmicos.		5.1 Balance de materia, energía y momentum para un reactor tubular empacado como pseudohomogéneo en estado estacionario.
		5.2 Balance de materia en un fermentador aerobio.

4.2.2 Crítica

Esta asignatura presenta una gran relación con *Termodinámica Química* debido a que para poder realizar el diseño adecuado de un reactor es necesario contar con las condiciones óptimas para llevar a cabo la reacción o reacciones correspondientes. Para un óptimo y eficaz diseño del reactor se deben de conocer diversos aspectos que se adquieren en *Termodinámica Química*, para iniciar se deben de obtener las propiedades termodinámicas de las sustancias que el recipiente contendrá, posteriormente deben de tomarse en cuenta las condiciones a las que se someterá el recipiente, estos dos puntos mencionados anteriormente se obtienen mediante el análisis del comportamiento de la sustancia pura utilizando las herramienta analíticas planteadas en **Termodinámica Química**.



4.2.3 Ingeniería de Procesos

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Introducción.	1.1 Selección de procedimientos.
	1.2 Análisis de resultados.
	1.3 Escalamiento de equipo.
2. Simulación de procesos.	2.1 Descripción y desarrollo de modelos matemáticos.
	2.2 Análisis de grados de libertad.
	2.3 Análisis de flujo de información.
	2.4 Determinación de ciclos de recirculación.
	2.5 Selección de variables de diseño.
	2.6 Selección de estrategias para cálculo secuencial de ciclos.
	2.7 Cálculo simultáneo de sistemas con recirculación.
	2.8 Métodos de convergencia.
3. Optimización de procesos.	3.1 Determinación de la función objetivo.
	3.2 Manejo de restricciones.
	3.3 Métodos de búsqueda univariable.
	3.4 Métodos de búsqueda multivariable.
4. Síntesis de proceso.	4.1 Análisis de módulos básicos.
	4.2 Análisis morfológico.
	4.3 Métodos heurísticos.



	4.4 Diseño evaluativo.
	4.5 Métodos algorítmicos.

4.2.4 Crítica

La relación que puedo observar dentro de la asignatura **Ingeniería de Procesos** con respecto a **Termodinámica Química**, se lleva a cabo dentro de la unidad 2.- Simulación de procesos y en el punto 4.4 Métodos heurísticos, ya que en la carrera de Ingeniería Química estos puntos son de gran importancia para poder diseñar la configuración óptima de un proceso. Por lo que es necesario contar con los conocimientos de **Termodinámica Química** para poder realizar y comprender los cálculos de las propiedades termodinámicas de las sustancias puras y sus mezclas, ya que con el manejo de estas propiedades (Temperatura, Presión, Composición) se puede llevar a cabo el análisis de los grados de libertad de un proceso, de la misma manera, proponer mediante metodologías de síntesis de procesos, y reglas heurísticas los procesos de separación de mezclas, y así poder diseñar la configuración óptima de un proceso a través de estudios en planta piloto y del uso de simuladores mediante modelos matemáticos.

Los cálculos que se realizan en **Termodinámica Química** llegan a ser bastante extensos, tediosos y hasta pueden generar estrés para los estudiantes. Afortunadamente, ahora existen herramientas computacionales que permiten obtener un resultado más rápido, con mayor precisión y accesibilidad. A pesar de ser herramientas muy potentes en aspecto de trabajo y cálculos, los paquetes de programación y simulación de procesos, no pueden funcionar por sí solos, ni pensar, mucho menos interpretar los resultados, por lo que es necesario la interacción del Ingeniero Químico capaz de realizar e interpretar todos los ajustes necesarios y resultados obtenidos, por lo que puedo comentar lo siguiente:

La ausencia de instrucción en el salón de clases, acerca del uso de programas de simulación y programación de procesos en el dimensionamiento y cálculo de propiedades termodinámicas de especies puras y sus mezclas, determina significativamente el tiempo de respuesta en la propuesta preliminar de un diseño en Ingeniería Química.

Sin embargo, en el laboratorio de cómputo de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza se han desarrollado, en los últimos años, materiales didácticos para algunas asignaturas donde se requiera el uso de programación y simulación de procesos. Aun cuando no está establecida dentro del plan de estudios del Ingeniero Químico alguna asignatura donde se enseñe a utilizar estos programas, es necesario auxiliarse con cursos extracurriculares. A través de mi experiencia como estudiante y profesional se recomienda que sea indispensable manejar diferentes programas de cómputo que permitan ilustrar al estudiante lo que se estudia en el salón de clases con ayuda de una computadora. Esto se refiere específicamente a que se necesitan



visualizar alternativas o variantes que permitan comprender mejor la asignatura en estudio; esto es, intercambiar valores de presión, temperaturas y composiciones, para determinar cómo se afecta el resultado si estas propiedades cambian. Particularmente, la asignatura *Termodinámica Química* es abstracta, ya que solo se pueden imaginar los cambios que suceden internamente en las especies puras y sus mezclas y requiere de cálculos demasiado largos para conocer los parámetros de las propiedades termodinámicas, que cuando se realizan con calculadora científica, lápiz y cuaderno puede llevar bastante tiempo realizarlas. Por ello es necesario generar algoritmos de programación y simulación para cada problema que permitan agilizar la resolución del mismo.

Como se observa es de gran importancia el uso de programas computacionales durante la formación del Ingeniero Químico, y aun cuando se imparten cursos sobre este tema en el laboratorio de cómputo de la carrera de Ingeniería Química de la FES ZARAGOZA, puedo comentar que a estos cursos los estudiantes les prestamos muy poca importancia y en la mayoría de las ocasiones estos cursos son abandonados, por lo que considero que dentro del mapa curricular del Ingeniero Químico se deben considerar asignaturas que le permitan familiarizarse con este tipo de conocimientos.



5. Congruencia horizontal de los contenidos de la asignatura *Termodinámica Química* con las asignaturas del módulo Procesos de Separación.

5.1 *Termodinámica Química*

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Cálculo de propiedades termodinámicas de los sistemas gaseosos que no se comportan idealmente.	1.1 Cálculo del volumen de un gas puro y de una mezcla gaseosa usando ecuaciones de estado.
	1.2 Cálculo de la entalpía, entropía y energía libre de Gibbs de un gas puro y de una mezcla usando ecuaciones de estado.
	1.3 Cálculo de la fugacidad de un de un gas puro y de una mezcla gaseosa usando ecuaciones de estado.
2. Cálculo de propiedades termodinámicas de las disoluciones líquidas no ideales-equilibrio líquido vapor.	2.1 Propiedades Termodinámicas de las Disoluciones. Modelos de Disoluciones Ideales.
	2.2 Propiedades Termodinámicas de las Disoluciones. Modelos de Disolución No Ideal.
	2.3 Equilibrio Líquido- Vapor para Sistemas Binarios, Ternarios y de Multicomponentes.
3. Equilibrio químico en sistemas no ideales.	3.1 Conceptos Fundamentales de la Termodinámica.
	3.2 Equilibrio Químico.



5.2 *Diseño de Equipo de Separación*

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Fundamentos para el cálculo de las propiedades en el EVL.	1.1 Procesos de Separación.
	1.2 Regla de las Fases de Gibbs.
	1.3 Diagramas de equilibrio de fases L-V para mezclas.
	1.4 Parámetros para cuantificar la distribución de los componentes entre las fases en equilibrio.
	1.5 Procesos de Separación con una Etapa en Equilibrio.
	1.6 Etapa de equilibrio. Definición.
	1.7 Método gráfico para la Destilación continúa con una sola etapa en equilibrio: Mezclas binarias.
	1.8 Métodos analíticos para la Destilación con una sola etapa de equilibrio: Mezclas multicomponentes.
	1.9 Destilación intermitente con una sola etapa o destilación Rayleigh.
2. Métodos gráficos de cálculo para operación continúa.	2.1 Tipos de flujo dentro de los equipos de separación.
	2.2 Métodos gráficos de cálculo para el diseño de los equipos de separación continúa con más de una etapa para mezclas binarias.
	2.3 Métodos gráficos de cálculo para Operación Intermitente.
	2.4 Destilación intermitente con más de una

	etapa en equilibrio.
3. Métodos de diseño.	3.1 Métodos de diseño Aproximados.
	3.2 Métodos de diseño Rigurosos o de Aproximaciones Sucesivas.
	3.3 Especificaciones de Variables de Diseño.
	3.4 La Regla de Descripción.
	3.5 Algoritmo de Enumeración.
	3.6 Procesos de Separación en Lecho Fijo.
	3.7 NTU y HTU.
	3.8 Adsorción.
	3.9 Intercambio Iónico.

5.3 Transferencia de masa

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Difusión molecular.	1.1 Difusión de gases.
	1.2 Difusión de líquidos.
	1.3 Difusión de iones en soluciones acuosas.
	1.4 Difusión en materiales porosos.
	1.5 Difusión en polímeros.
2. Ecuaciones de transferencia para difusión molecular.	2.1 Difusión a régimen permanente en gases estacionarios y en líquidos.
	2.2 Difusión a régimen transitorio.
	2.3 Difusión en flujo laminar.

3. Difusión turbulenta.	3.1 Turbulencia.
	3.2 Coeficiente de dispersión.
	3.3 Interacción entre difusión molecular y dispersión.
	3.4 Dispersión y mezclado en lechos empacados.
	3.5 Dispersión axial en tuberías.
4. Transferencia de masa a través de interfaces.	4.1 Coeficientes individuales y globales.
	4.2 Superficies planas y películas descendentes.
	4.3 Esferas sólidas en fluidos.
	4.4 Partículas sólidas suspendidas en recipientes agitados.
	4.5 Gotas y burbujas.
	4.6 Eficiencia de platos.
	4.7 Lechos empacados.
5. Transferencia de masa con reacción química.	5.1 Efecto en absorción en gases.
	5.2 Difusión y reacción química cerca de la interface.
	5.3 Reacciones de primer orden, biomoleculares y generales.
	5.4 Efecto de la reversibilidad de la reacción.
6. Transferencia simultánea de calor y de masa.	6.1 Principios de transferencia simultánea en fluidos en movimiento.
	6.2 Sistemas aire-agua.
	6.3 Otros sistemas.
	6.4 Condensadores parciales.



	6.5 Formación de niebla en condensadores.
--	---

5.4 Laboratorio y Taller de Proyectos

Contenido Temático	
Unidad	Temas y subtemas
1. Procesos de transferencia de masa y energía.	1.1 Destilación.
	1.1.1 Análisis del proceso de destilación de una mezcla binaria.
	1.1.2 Modelo de Raleigh.
	1.1.3 Sistemas binarios azeotrópicos.
	1.2 Secado.
	1.2.1 Velocidad de secado de un sólido.
	1.2.2 Tiempo de secado de un sólido húmedo.
	1.3 Torre de burbujeo.
	1.3.1 Analizar la hidrodinámica de una torre de burbujeo.
	1.4 Torre de enfriamiento.
2. Determinación de propiedades termodinámicas de soluciones.	2.1 Determinar los coeficientes de distribución de una sustancia sólida en dos disolventes inmiscibles.
	2.2 Obtener la curva de solubilidad de dos



	líquidos poco miscibles entre sí y un tercero completamente miscible en los otros dos en un diagrama ternario.
	2.3 Determinar los volúmenes molares parciales, en función de la concentración de los componentes de una solución binaria formada por un electrolito sencillo y agua.
	2.4 Determinar el calor de combustión de materiales orgánicos.
	2.5 Determinar el calor de solución de una sustancia sólida disuelta en agua.

5.5 Crítica de las asignaturas del módulo *Procesos de Separación*

Con respecto a la asignatura de diseño de equipo de separación puedo comentar lo siguiente: el objetivo de los procesos de separación es separar los componentes de una mezcla, en por lo menos dos corrientes, con una pureza considerable, por lo que se realiza el estudio de los procesos de separación basados en el equilibrio de fases, estos procesos son las operaciones de separación en los que existe una transferencia neta de materia entre las fases. Implica la presencia de más de una fase y la separación se debe a que la composición de equilibrio de las dos fases es diferente, por lo que el estudiante de Ingeniería Química aplica los principios termodinámicos adquiridos dentro de **Termodinámica Química** y los mecanismos básicos de la transferencia de materia para poder seleccionar los métodos analíticos (modelos ideales y no ideales), o los métodos gráficos (Nomogramas y otros), para el diseño de los equipos de separación ya sea con operaciones continuas o intermitentes, para una sustancia pura y sus mezclas.

Continuando con el análisis del módulo **Procesos de separación** es el momento de analizar la asignatura **Transferencia de masa**, de la que opino lo siguiente: En esta asignatura se estudia el conjunto de operaciones fundamentales en la industria de procesamiento de materiales, encara el problema de modificar la composición de un sistema, por métodos puramente físicos. Mediante tales operaciones, llamadas de transferencia de masa, es posible separar del sistema original uno o varios componentes. El método convencional para lograr tal separación, consiste en poner en contacto el sistema cuya composición se pretende modificar. En general, podremos identificar a una operación de transferencia de masa, si hay dos o más fases en contacto y si los materiales fluyen de una fase a otra. En la transferencia de masa, al menos una parte del flujo es debida al movimiento individual de las moléculas o difusión. La otra parte es debida a la transferencia turbulenta de materia, es decir, debida a los remolinos y corrientes convectivas. Cuando dos fases se ponen en



contacto, si la composición de las mismas es diferente, se notará un cambio en la composición con respecto al tiempo hasta que se alcance el equilibrio entre las fases. Para poder alcanzar estos objetivos, el alumno que cursa transferencia de masa aprenderá los principios que rigen la transferencia de masa, tanto en régimen laminar como turbulento, en procesos de interés para el estudiante de Ingeniería Química, enfatizando la similitud que existe con la transferencia de las otras propiedades conservativas como son: Momentum y Energía. Desarrollará las capacidades analíticas y de abstracción que le permitan plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos de transferencia de masa, mediante una perspectiva unificada de los fenómenos de transporte para resolver una mayor variedad de problemas tanto teóricos como prácticos.

Por último, tengo que realizar el análisis del *Laboratorio y Taller de Proyectos* de séptimo semestre, por lo que considero que el estudiante de Ingeniería Química, a través de la observación, manipulación y medición de variables experimentales sea capaz de: identificar los componentes de una mezcla para seleccionar el proceso de separación más adecuado, que le permita mediante la experimentación obtener los resultados esperados. Identificar los mecanismos difusionales y convectivos de transferencia de masa presentes en la interfase. Aplicar las separaciones mecánicas, por etapas de equilibrio, por contactos continuo y discontinuo. Aplicar los criterios de equilibrio termodinámico entre fases. Cuantificar los coeficientes de masa y calor en procesos de separación y secado. Aplicar las ecuaciones de diseño en procesos de transferencia de masa para analizar el rendimiento en diferentes equipos de separación y diversas condiciones de operación.

Por lo que puedo concluir que la relación que existe entre las asignaturas *Termodinámica Química, Diseño de Equipo de Separación, Transferencia de Masa y Laboratorio y Taller de proyectos de 7° semestre son las siguientes:*

En Termodinámica Química se lleva a cabo el cálculo de propiedades termodinámicas de especies puras y sus mezclas, una vez que se cuenta con estas propiedades podemos realizar los cálculos para poder diseñar la operación óptima de los equipos de procesos de separación y poder obtener el equilibrio entre las diferentes fases de los procesos que se quieren purificar, todo esto se estudia dentro de la asignatura Diseño de Equipo de Separación, siguiendo con el análisis puedo comentar que una vez que se tienen los conocimientos de *Termodinámica Química y Diseño de Equipo de Separación* podemos estudiar en *Transferencia de Masa* la velocidad, condiciones y diseño de equipo con las que se lleva a cabo la transferencia de materia. Para culminar con el análisis de este punto observo que todos estos conocimientos teóricos que se adquieren dentro de las asignaturas *Termodinámica Química, Diseño de Equipo de Separación y Transferencia de Masa*, se deben de poner en práctica en el *Laboratorio y Taller de Proyectos* de 7° semestre, ya que al momento de realizar los experimentos, el estudiante podrá visualizar y entender los fenómenos que se estudian dentro del módulo *Procesos de Separación*.



6. Distribución de las cargas horarias para desarrollar cada tema del programa de la asignatura *Termodinámica Química*.

<i>Termodinámica Química</i>			
UNIDAD	TEMA	HORAS	
		TEÓRICAS	PRÁCTICAS
1	Cálculo de propiedades termodinámicas de los sistemas gaseosos que no se comportan idealmente	25	10
2	Cálculo de las propiedades termodinámicas de las disoluciones líquidas no ideales-equilibrio líquido vapor.	25	10
3	Equilibrio químico en sistemas no ideales.	30	12
Total de horas		80	32
Suma total de horas		112	

Tabla 5.- Cargas horarias.

6.1 Crítica

Considero que las horas teóricas se encuentran distribuidas de manera correcta, como se observa, son temas de gran relevancia por lo que se les asigna una mayor carga horaria, con respecto a la práctica me encantaría haber podido utilizar los equipos de proceso, que nos permiten separar los componentes de una mezcla, equipos como: torre de destilación, torre de enfriamiento, torre de burbujeo, que se encuentran en la planta piloto, sin embargo, son equipos en los cuales no pudimos aplicar los conocimientos teóricos debido a que estos no funcionaban, sería de gran ayuda para las nuevas generaciones poner a funcionar los equipos que se encuentran en la planta piloto, ya que de esta manera los estudiantes se familiarizan con los equipos industriales, de la misma manera, el empleo de paquetes de programación y simulación apoyarán bastante en la formación de las nuevas generaciones.



7. Análisis de las estrategias didácticas de la asignatura *Termodinámica Química*.

El proceso de enseñanza y aprendizaje está orientado al desarrollo de habilidades intelectuales y psicomotrices tales como: orientación tutorial, asesoría por parte de los docentes, demostraciones, investigación formativa, investigación bibliográfica y hemerográfica, solución de problemas y otras dinámicas grupales.

7.1 Crítica

De las siguientes estrategias: asesoría por parte de los docentes, investigación bibliográfica, investigación hemerográfica y solución de problemas, puedo mencionar que son herramientas de suma importancia para la formación del Ingeniero Químico, sin embargo, considero conveniente, realizar el análisis de situaciones que suceden dentro de las diferentes industrias (plantas químicas, petroquímicas, farmacéuticas, de productos alimenticios), de esta manera se puede obtener un mayor conocimiento de lo que sucede dentro del campo de trabajo del Ingeniero Químico y contar con un mejor criterio ante diferentes situaciones.

Al hacer mención de algunas estrategias, como lo son las demostraciones, considero lo siguiente, durante el curso de *Termodinámica Química* se trabaja con ecuaciones predeterminadas que nos ayudan a calcular las propiedades de las sustancias puras y de esta manera poder obtener los criterios del equilibrio entre fases, por lo que, durante el curso no se lleva a cabo la demostración de las ecuaciones utilizadas.

Con respecto a la orientación tutorial no tuve la oportunidad de contar con uno durante la carrera, debido a que los tutores se les asignan a los compañeros que cuentan con algún tipo de beca.

Además de lo planteado dentro del plan de estudios, me convence demasiado el implantar como una estrategia didáctica más lo que son las visitas industriales, ya que con este tipo de actividades se fortalece la formación de los nuevos Ingenieros Químicos, y esta actividad, proporciona una idea más amplia y comienza a familiarizar a los ingenieros con los diferentes equipos de proceso a escala industrial.



8. Análisis de los instrumentos de evaluación de la asignatura *Termodinámica Química*.

La evaluación se sustenta en la apropiación progresiva de los contenidos temáticos a partir de la problematización, asimilación reflexión e interiorización generando no solo nuevas estructuras mentales, si no nuevas actitudes críticas y creativas, base del aprendizaje significativo.

Se sugieren las siguientes técnicas: resolución de problemas, práctica supervisada, interrogatorio, exámenes escritos y exámenes prácticos.

8.1 Crítica

Las técnicas que se plantean son una manera adecuada para poder realizar la evaluación de los Ingenieros Químicos, una técnica que es sumamente importante sería enseñar a las nuevas generaciones a trabajar en equipo ya que dentro del campo laboral está técnica es de gran importancia para poder mantener un buen ambiente laboral.

Con la propuesta de las visitas industriales, solicitar un reporte a los estudiantes, para que la visita industrial no se convierta en un paseo.

Considero que las relaciones personales son de gran importancia, debido a que dentro del campo laboral el Ingeniero Químico presenta relación desde las altas gerencias, hasta con el personal sindicalizado, y tiene que contar con la facilidad para transmitir los mensajes que proporcionan los gerentes a todo el personal.



9. Análisis del perfil profesiográfico

Los requisitos que deben reunir los docentes para impartir *Termodinámica Química*, son los siguientes: Licenciatura en Ingeniería Química o a fines, preferentemente con estudios de posgrado.

9.1 Crítica

Los profesores que imparten la asignatura *Termodinámica Química*, cumplen los requisitos que se plantean dentro del perfil profesiográfico, empero considero que en el presente, los profesores deben de contar con el conocimiento y manejo de programas de simulación de procesos y programación, ya que les permitirá a los nuevos Ingenieros Químicos la familiarización con este tipo de software.



10. Análisis de la bibliografía recomendada para el curso de *Termodinámica Química*.

• BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- ✓ Balzhiser, R.y Samuels, M. (1995). *Termodinámica para ingenieros químicos*. México: Prentice Hall.
- ✓ Prausnitz, R. (1999). *Molecular thermodynamics of fluid-phase equilibria*. 3ª ed. New Jersey: Prentice Hall.
- ✓ Sandler, S. (1990). *Termodinámica en la Ingeniería Química*, México: Interamericana.
- ✓ Smith, J.M. et al. (2007). *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*. 7ª ed. México: McGraw-Hill.

• BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Edmister, W.C. (1965). *Applied hydrocarbon thermodynamics*. *Hydrocarbon processing*, 47 (9) September, pp. 239-244.
- Mathias, P. (1983). A versatile phase equilibria equation of state. *American Chemical Society. Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.*, 22(3), pp. 385-391.
- Orbey, H. y Vera, J.H. (1983). Correlation for the third virial coefficient using T_c , P_c , and ω parameters. *AIChE Journal*, 29 (1), pp. 107-113.

10.1 Crítica

Considero que la bibliografía básica planteada se queda corta con respecto a los temas a tratar durante el curso de *Termodinámica Química*, además puedo comentar que las bibliografías 1, 2 y 3 son ediciones atrasadas.

Al realizar un recorrido por la biblioteca de nuestra facultad, identifiqué bibliografía más reciente a la que se menciona en la bibliografía básica, algunos de los libros que nos permiten comprender de una manera más eficiente el contenido de *Termodinámica Química* son los siguientes:

- 1.- *Termodinámica*, séptima edición, 2012, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Mc Graw Hill.
- 2.- *Commonly Asked Questions in Thermodynamics*, 2011, Marc I. Asseal, Anthony R.H. Goodwin, Michael Stamatoudis, William A. Wakeham. Stefan Will.
- 3.- *Engineering and Chemical Thermodynamics 2 nd Edition*, Milo D. Koretsky, Ed. Wiley 2013.
- 4.- *Introductory Chemical Engineering Thermodynamics*, second edition, 2012, J. Richard Elliot. Carl T. Lira, Prentice Hall.



Como se observa en la bibliografía básica, parte de esta y de la bibliografía encontrada en la biblioteca se encuentra en inglés, por lo que es bastante complicado para la mayoría de los estudiantes que cursamos la carrera de Ingeniería Química, ya que no dominamos este idioma, debido a esta situación propongo que dentro del plan de estudios del Ingeniero Químico se incluya el idioma inglés como materia.

Con respecto a la bibliografía complementaria puedo opinar que son artículos realizados en las fechas indicadas y considero al igual que en la bibliografía básica se encuentran atrasados.



Conclusiones

Se ha desarrollado la crítica y se han dado algunas propuestas que aunque son pocas considero que son muy importantes para lograr mejorar el programa de la asignatura *Termodinámica Química*, para el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Química, basado en los diferentes puntos analizados. Al llevar a cabo este proyecto y tomar en cuenta todos los puntos mencionados que son las congruencias de los objetivos, relación de asignaturas entre sí y el análisis de la relación de las cargas horarias, las estrategias didácticas, los instrumentos de evaluación y el perfil de los profesores, puedo comentar lo siguiente: la asignatura tiene los objetivos y el enfoque correcto que debe tener cualquier asignatura para cubrir con el perfil del Ingeniero Químico egresado, es posible proponer algunas modificaciones en el área de enseñanza actualizándonos en un aspecto más tecnológico familiarizándonos con los diferentes programas de cómputo, estrategias didácticas para no hacer la clase tan tediosa, y así, mejorar el nivel y la competitividad de las nuevas generaciones.

Con este trabajo demostramos que la asignatura *Termodinámica Química*, es una asignatura sumamente importante, pues se relaciona completamente con varias asignaturas de la carrera de Ingeniería Química, ya que con ella se pueden predecir las propiedades termodinámicas de las sustancias puras y sus mezclas, y lo más importante prepara al alumno para el ámbito laboral en diferentes tipos de área.



Recomendaciones

Al analizar aspectos que se mencionan dentro del perfil profesional como:

- a) Supervisar y controlar emisiones contaminantes.
- b) Manejo del personal a cargo.
- c) Medidas de seguridad en situaciones de emergencia.
- d) Simulación con modelos matemáticos.

A través de mi experiencia como estudiante puedo mencionar que no encuentro alguna materia en la que se le proporcionen los conocimientos necesarios para que el Ingeniero Químico, pueda adquirir las habilidades necesarias y poder llevar a cabo las actividades relacionadas en los puntos anteriormente mencionados, por lo que propongo la posibilidad de impartir materias relacionadas con, los siguientes temas:

1.- Física

Considero que puede introducir a los estudiantes conceptos tan importantes como los de fuerza, trabajo, energía, electromagnetismo y análisis dimensional y cálculo vectorial, para que le permitan al estudiante aplicar estos conceptos a problemas básicos de la mecánica y aportar los fundamentos para la comprensión de fenómenos principalmente relacionados con los aspectos fisicoquímicos de los procesos químicos, teniendo como intención la aplicación en problemas de interés en ingeniería química, y de esta manera liberar tiempo para el estudio de balances de materia y energía, en el momento en que se estudiaría el análisis dimensional dentro de ésta asignatura.

2.- Medio ambiente

Al contar con conocimientos sobre el cuidado del medio ambiente, el egresado puede proponer técnicas para prevenir, controlar y remediar la contaminación ambiental provocada por los diversos procesos industriales. Además, podrá conocer el marco jurídico nacional e internacional en materia de contaminación ambiental, estudiará el contexto nacional e internacional de la producción industrial en un esquema de desarrollo sostenible y proporcionar los elementos ingenieriles para describir el mecanismo de los procesos que contribuyen a la contaminación atmosférica, de aguas y suelos, así como en el manejo y tratamiento de residuos sólidos y de residuos peligrosos relacionados con la industria química y de proceso. Dentro de los cursos sobre el medio ambiente se discutirán técnica, social y económicamente el problema de la contaminación ambiental y la función del ingeniero químico para prevenirlo y coadyuvar en su resolución, además de que se pueden proporcionar los conocimientos para los principales tipos de estudios ambientales (Manifestación de impacto ambiental, estudios de riesgo ambiental, auditorías ambientales) y en la normatividad internacional en gestión ambiental y calidad en la producción industrial como pueden ser ISO 14000 e ISO 9000.



3.- Relaciones personales, liderazgo.

El egresado, al contar con conocimientos sobre los presentes temas conocerá el proceso de comunicación e identificará sus problemas y soluciones, estará sensibilizado acerca de la importancia del contacto humano. Dará oportunidad de que se experimenten situaciones humanas de aprendizaje. Contribuirá al análisis de problemas, promoverá el intercambio de opiniones sobre temas de inquietud común, se ubicará en su medio actual y futuro, logrará cambios de conducta en el trabajo al aplicar los principios de las relaciones humanas, transmitirá la importancia de los valores como antecedentes legales de los derechos y obligaciones de los trabajadores según la organización gerárquica de la empresa, aprenderá a valorar y respetar las diferencias individuales, y conocerá la influencia del entorno en el desempeño profesional, y aprenderá a **trabajar en equipo**, algo que es sumamente importante dentro de su formación como en el campo laboral.

4.- Simulación y programación de procesos.

El uso de programas computacionales durante la formación del Ingeniero Químico son de gran importancia, y aun cuando se imparten cursos sobre este tema en el laboratorio de cómputo de la carrera de Ingeniería Química de la FES ZARAGOZA, a estos cursos los estudiantes les prestamos muy poca importancia, y en la mayoría de las ocasiones, estos cursos son abandonados, por lo que considero que dentro del mapa curricular del Ingeniero Químico se deben considerar asignaturas que le permitan familiarizarse con este tipo de conocimientos.

5.- Seguridad industrial.

Durante mi formación como Ingeniero Químico considero que debemos de tener alguna asignatura en la cual podamos obtener conocimientos sobre seguridad industrial, debido a los materiales y sustancias con las que trabajamos, por ejemplo, al entrar a realizar los experimentos en los laboratorios y planta piloto de Ingeniería Química, nunca tomamos en cuenta los riesgos a los que podemos estar expuestos y entramos sin el equipo de protección personal adecuado, y dentro del campo laboral es de vital importancia contar con estos conocimientos ya que el riesgo de sufrir un accidente es inminente, y el Ingeniero Químico debe de ser capaz de combatir varios tipos de riesgos que se puedan originar dentro las plantas químicas.

7.- Realizar visitas industriales, vinculación empresarial.

Integrar los conocimientos adquiridos como estudiante de Ingeniería Química para realizar un proyecto dentro de las instalaciones de una entidad del sector industrial o de servicios relacionados con el área química, definir los parámetros y metodologías que faciliten el desarrollo del proyecto.



8.- Inglés.

El manejo de este idioma es de vital importancia durante la formación del Ingeniero Químico, así como en el campo laboral.

Para finalizar, al realizar la crítica de las habilidades psicomotrices, las cuales, se plasman dentro de las estrategias didácticas en el plan de estudios, no encuentro alguna asignatura dentro del mapa curricular del Ingeniero Químico en la que se proporcionen o adquieran este tipo de habilidades, y después de investigar el significado de psicomotricidad puedo comentar lo siguiente: La Psicomotricidad es la Psicología del Movimiento. Esto quiere decir que nuestro cuerpo está conectado con nuestra mente y nuestras emociones. Cuando se realiza una acción, ésta va acompañada de un pensamiento y una emoción.

La Psicomotricidad permite el desarrollo integral de la persona, porque aborda al individuo como un todo tomando en cuenta su aspecto afectivo, social, intelectual y motriz. Es una disciplina sobre la cual se basa todo aprendizaje y su objetivo es ayudar a expresar las emociones a través del cuerpo favoreciendo el desarrollo, pues la persona explora, investiga, vive sus emociones y conflictos, aprende a superar situaciones, a enfrentarse a sus límites, a sus miedos y deseos, a relacionarse con los demás y a asumir roles.



Sin embargo, considero que el desarrollo del estudiante depende de él mismo, a continuación se mencionan algunos aspectos con los que el estudiante se puede motivar o limitar su formación:



Tabla 6.- Desarrollo integral del estudiante de Ingeniería Química.

Con todo esto considero que el egresado de Ingeniería Química de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, tendrá más oportunidad de competir dentro del campo laboral ya que contará con más herramientas para poder desarrollarse profesionalmente.



Bibliografía utilizada.

- 1.- Smith J. M; Van Ness H.C; Abbot M.M. Introducción a la termodinámica en ingeniería química. Ed. McGraw Hill, séptima edición, México 2007.
- 2.- Yunus A. Cengel; Michael A. Boles; Termodinámica. Ed. McGraw Hill; séptima edición, 2012.
- 3.- Antonio Valiente Barderas. Introducción a la transferencia de masa. Facultad de Química, UNAM, México D.F. 2005.
- 4.- A. Marcilla Gomis. Introducción a las operaciones de separación, cálculo por etapas de equilibrio, Universidad de Alicante.
- 5.- Ernest J. Henley; J.D. Seader. Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química. Editorial Reverte, S.A 2000
- 6.- Phillip C. Wankat, Ingeniería de procesos de separación, Ed. Pearson Educación, 2008.
- 7.- FES ZARAGOZA, Plan de estudios de ingeniería química, México D.F. 2013.