



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**ESTUDIO COMPARATIVO (BENCHMARKING
SECUNDARIO ESTRATÉGICO) ENTRE LA CARRERA
DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA Y UNIVERSIDADES
SELECCIONADAS**

Astrid Roxana Ucelo Lezana
Asesorado por el Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía

Guatemala, noviembre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO COMPARATIVO (BENCHMARKING
SECUNDARIO ESTRATÉGICO) ENTRE LA CARRERA
DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA Y UNIVERSIDADES
SELECCIONADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

ASTRID ROXANA UCELO LEZANA
ASESORADO POR EL ING. WILLIAMS GUILLERMO ÁLVAREZ MEJÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Inga. Teresa Lisely de León Arana
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO COMPARATIVO (BENCHMARKING SECUNDARIO ESTRATÉGICO) ENTRE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y UNIVERSIDADES SELECCIONADAS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 20 de noviembre de 2007.



Astrid Roxana Ucelo Lezana

Guatemala, 9 de septiembre de 2009

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

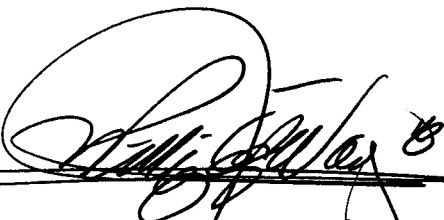
Estimado Ingeniero Álvarez

Informo a usted que he revisado el informe final de trabajo de graduación titulado: "ESTUDIO COMPARATIVO (BENCHMARKING SECUNDARIO ESTRATÉGICO) ENTRE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y UNIVERSIDADES SELECCIONADAS" de la estudiante Astrid Roxana Ucelo Lezana, carné 2002-12342.

Después de haber realizado la revisión del informe final de trabajo de graduación y de haber hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular y agradeciéndole la atención que se sirva dar a la presente, me suscribo a usted.

Atentamente,
"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Williams Guillermo Álvarez Mejía', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA
ASESOR



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Guatemala, 04 de Noviembre de 2009
Ref. EIQ.565.2009

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-137-08-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERA QUÍMICA a la estudiante universitaria **ASTRID ROXANA UCELO LEZANA**, identificada con carné No. **2002-12342**, titulado: **"ESTUDIO COMPARATIVO (BENCHMARKING SECUNDARIO ESTRATÉGICO) ENTRE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y UNIVERSIDADES SELECCIONADAS"** el cual ha sido asesorado por el Ingeniero Químico Williams Guillermo Álvarez Mejía, como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice a la estudiante **Ucelo Lezana** proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

Inga. Teresa Esely de León Arana, M.Sc.

COORDINADORA
Tribunal que revisó el informe final
Del trabajo de graduación



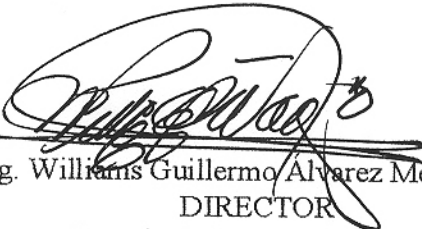
**ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA**

C.c.: archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ingeniero Williams Guillermo Álvarez Mejía, M.Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el trabajo de graduación de la estudiante **Astrid Roxana Ucelo Lezana** titulado: **“ESTUDIO COMPARATIVO (BENCHMARKING SECUNDARIO ESTRATÉGICO) ENTRE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y UNIVERSIDADES SELECCIONADAS”**, procede a la autorización del mismo, ya que reúne rigor, coherencia y calidad requeridos.


Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M. Sc.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



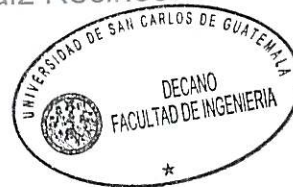
Guatemala, Noviembre de 2009



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO (BENCHMARKING SECUNDARIO ESTRATÉGICO) ENTRE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y UNIVERSIDADES SELECCIONADAS**, presentado por la estudiante universitaria **Astrid Roxana Ucelo Lezana**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, octubre de 2009

/gdech

DEDICATORIA A:

DIOS

Por darme la vida, amarme, escucharme e iluminarme a lo largo de mi vida

MIS PADRES

María Enriqueta Lezana de Ucelo y César Augusto Ucelo Flores (q.e.p.d.), porque con su trabajo y esfuerzo me han llevado hasta donde estoy ahora.

AGRADECIMIENTOS A:

MI PAPÁ

Por haber sido un hombre emprendedor, disciplinado y con coraje. Sé en mi corazón que desde el cielo está muy orgulloso de mí en este momento

MI MAMÁ

Gracias por siempre estar ahí para mí y mis hermanas y ser un ejemplo de trabajo, honradez y paciencia, este éxito es suyo...

MIS HERMANAS

Sonia y Dinora, por siempre estar a mi lado y darme su alegría y apoyo. Mi sobrino Rodrigo por darme su amor tan auténtico y momentos de felicidad únicos.

MI NOVIO

Javier, mi gran amigo y mi gran amor. Gracias por estar siempre a mi lado dándome tu apoyo incondicional durante todos estos años sin excepción, gracias por creer en mí y darme tu fuerza cuando yo pierdo la mía. Gracias por estar junto a mí en este momento tan anhelado y que marca el inicio de una nueva etapa en la que cumpliremos nuestros sueños e ilusiones. Te amo para toda la vida.

MIS AMIGOS

Andrea y Elisa por estar conmigo siempre, darme momentos tan especiales y de infinita felicidad a lo largo de tantos años, son mis grandes amigas, gracias por hacerme parte de su familia. Gerardo e Iveth, por ayudarme, estar ahí y escucharme siempre. Mis compañeros del colegio y de la universidad, por acompañarme en el transcurso de mis estudios y por compartir momentos inolvidables, gracias a ustedes he vivido las mejores etapas de mi vida. Alberto, por acompañarme en cada paso que doy, cuidarme y darme todo tu cariño.

FACULTAD DE INGENIERÍA

Por brindarme conocimientos y experiencias que me permitirán desempeñarme con excelencia en mi vida profesional.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por enseñarme la realidad y motivarme a luchar por un país mejor. Soy y seré orgullosamente San Carlista.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. BENCHMARKING	1
1.1 Tipos de benchmarking	4
1.1.1 Benchmarking interno	4
1.1.2 Benchmarking externo	4
1.1.2.1 Benchmarking competitivo o cooperativo	5
1.1.2.2 Benchmarking genérico	5
1.1.3 Benchmarking secundario	6
1.1.3.1 Benchmarking estratégico	6
1.1.3.2 Benchmarking funcional	6
1.1.3.3 Benchmarking operativo	7
1.2 Proceso de benchmarking	7
2. DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	9
2.1. Plan de estudios	9
2.2 Perfiles	9
2.3 Programas de investigación	10
2.3.1 Programas universitarios de investigación	11

2.4	Tiempo teórico establecido para cerrar el plan de estudios	14
2.5	Formas de graduación	15
2.5.1	Ejercicio Profesional Supervisado final (EPS final)	16
2.5.2	Elaboración del trabajo de graduación y el examen técnico profesional	17
2.6	Postgrados ofrecidos	18
3.	DETERMINACIÓN DE VARIABLES Y FACTORES	19
3.1	Acreditación	19
3.2	Categorías de análisis de la acreditación	23
3.3	Variables y factores	25
4.	IDENTIFICACIÓN DE INSTITUCIONES LÍDERES	27
4.1	Criterio a utilizar para identificar a las mejores universidades del mundo en Ingeniería Química	27
4.2	Universidades a comparar	32
5.	MEDICIÓN DE LAS INSTITUCIONES LÍDERES	33
5.1	Definición de créditos	33
5.2	Diseño curricular del plan de estudios	36
5.2.1	Similitud de contenido en los cursos	39
5.3	Perfiles	45
5.4	Departamento de investigaciones	54
5.5	Tiempo teórico establecido para cerrar plan de estudios	57
5.6	Formas de graduación	59
5.7	Postgrados ofrecidos	63
6.	MEDICIÓN DE LA BRECHA EXISTENTE	67
6.1	Puntos fuertes y puntos débiles de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala	67
6.1.1	Puntos fuertes	68

6.1.2	Puntos débiles	69
7.	DESARROLLO DEL PLAN DE ACCIÓN	71
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXO 1		85
	Plan de estudios	85
	a. Universidad de Stanford	85
	b. Universidad de Cambridge	86
	c. Universidad Nacional Autónoma de México	88
	d. Universidad de Buenos Aires	91
	e. Pontificia Universidad Católica de Chile	96
ANEXO 2		99
	Definición de créditos	99
	a. Universidad de Stanford	99
	b. Universidad de Cambridge	99
	c. Universidad Nacional Autónoma de México	99
	d. Universidad de Buenos Aires	100
	e. Pontificia Universidad Católica de Chile	100
ANEXO 3		101
	Descripción de cursos	101
	a. Universidad de Stanford	101
	b. Universidad de Cambridge	112
	c. Universidad Nacional Autónoma de México	120
	d. Universidad de Buenos Aires	150
	e. Pontificia Universidad Católica de Chile	168

ANEXO 4	207
Perfiles	207
a. Universidad de Stanford	207
b. Universidad de Cambridge	208
c. Universidad Nacional Autónoma de México	209
d. Universidad de Buenos Aires	212
e. Pontificia Universidad Católica de Chile	213
ANEXO 5	215
Departamento de investigaciones	215
a. Universidad de Stanford	215
b. Universidad de Cambridge	215
c. Universidad Nacional Autónoma de México	218
d. Universidad de Buenos Aires	220
e. Pontificia Universidad Católica de Chile	220
ANEXO 6	223
Tiempo teórico establecido para cerrar plan de estudios	223
a. Universidad de Stanford	223
b. Universidad de Cambridge	223
c. Universidad Nacional Autónoma de México	223
d. Universidad de Buenos Aires	223
e. Pontificia Universidad Católica de Chile	224
ANEXO 7	225
Formas de graduación	225
a. Universidad de Stanford	225
b. Universidad de Cambridge	225
c. Universidad Nacional Autónoma de México	226
d. Universidad de Buenos Aires	226
e. Pontificia Universidad Católica de Chile	227

ANEXO 8	229
Postgrados ofrecidos	229
a. Universidad de Stanford	229
b. Universidad de Cambridge	231
c. Universidad Nacional Autónoma de México	232
d. Universidad de Buenos Aires	233
e. Pontificia Universidad Católica de Chile	234

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA

- | | |
|--|----|
| 1. Proceso de la acreditación según ACAA | 22 |
|--|----|

TABLAS

- | | |
|--|----|
| I. Programas Universitarios de Investigación que administran las Unidades ejecutoras de la Universidad de San Carlos | 11 |
| II. Programas Universitarios de Investigación de acuerdo a las áreas o campos de la ciencia y tecnología | 12 |
| III. Listado de las unidades ejecutoras que administran investigación en la Universidad de San Carlos de Guatemala | 13 |
| IV. Categorías y componentes del modelo ACAA | 24 |
| V. Fragmento del top 400 de universidades en la web a nivel mundial | 29 |
| VI. Ranking de universidades en la web en el país de Guatemala | 29 |
| VII. Ranking de universidades en la web a nivel latinoamericano | 30 |
| VIII. Las cinco mejores universidades clasificadas del mundo, según el ranking de la Universidad de Shanghai Jiao Tong | 31 |

IX.	Las diez mejores universidades clasificadas de Iberoamérica de lengua hispana, según el ranking de la Universidad de Shanghai Jiao Tong	31
X.	Universidades a comparar	32
XI.	Definiciones de créditos	33
XII.	Cuadro resumen de las definiciones de créditos	35
XIII.	Diseño curricular del plan de estudios	36
XIV.	Cuadro resumen del número de cursos	37
XV.	Cuadro resumen del número de créditos	38
XVI.	Comparación de contenido de cursos respecto a la Universidad de San Carlos de Guatemala. Cursos diferentes y cursos iguales	39
XVII.	Comparación de contenido de cursos respecto a la Universidad de San Carlos de Guatemala. Cursos iguales con diferentes enfoques y cursos que son sólo temas dentro de otros cursos	43
XVIII.	Cuadro resumen de similitud de contenido en los cursos	44
XIX.	Perfil de ingreso y egreso	45
XX.	Cuadro resumen del perfil de ingreso y egreso	49
XXI.	Descripción del departamento de investigaciones	55
XXII.	Tiempo teórico establecido para cerrar el plan de estudios	58
XXIII.	Formas de graduación	59
XXIV.	Cuadro resumen de las formas de graduación	61
XXV.	Postgrados ofrecidos	63
XXVI.	Plan de acción propuesto	73

XXVII.	Plan de estudios de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Stanford	85
XXVIII.	Diagrama de la estructura de los cursos de la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Cambridge	87
XXIX.	Asignaturas obligatorias de la carrera de Ingeniería Química Universidad Nacional Autónoma de México	89
XXX.	Ciclo básico común de la Universidad de Buenos Aires	92
XXXI.	Ciclo de grado de la Universidad de Buenos Aires	93
XXXII.	Plan de estudios de la carrera Ingeniería Química y de Bioprocesos de la Pontificia Universidad Católica de Chile	96

GLOSARIO

Acreditación	Proceso para garantizar la calidad de una institución o de un programa educativo. El proceso es llevado a cabo por una agencia externa a las instituciones de educación superior. Reconoce la calidad de los programas o de la institución acreditada. Supone la evaluación respecto de estándares y criterios de calidad establecidos previamente por una agencia u organismo acreditador.
Benchmarking	Proceso continuo de medir y comparar una organización con las organizaciones líderes en cualquier lugar del mundo, a fin de obtener información que les ayude a ejecutar acciones para mejorar su desempeño
Egresado	Término que se aplica a la persona que ha completado sus estudios universitarios.
Perfil	Conjunto de competencias demandadas por los empleadores o la sociedad, que debe desarrollar un profesional en una profesión o ambiente laboral específico.

Plan de estudios Documento básico enunciador de los aspectos conceptuales y operativos de enseñanza-aprendizaje, para el logro de la formación profesional deseada. Conjunto segmentado en programas de cursos, asignaturas y créditos secuenciados transversalmente en el tiempo y agrupados sincrónicamente en períodos.

Postgrado Ciclo de estudios de especialización posterior a la graduación o licenciatura, presentado por maestrías y doctorados.

RESUMEN

La necesidad de que las universidades garanticen a la sociedad profesionales de alta calidad, con capacidad para desempeñarse, tanto en el contexto nacional como en el internacional, ha propuesto que algunas carreras utilicen estándares internacionales para la evaluación de sus programas.

Es por lo anterior que el presente trabajo de graduación se apoya en el proceso de benchmarking, que es un proceso continuo de medir y comparar una institución con las instituciones líderes, a fin de obtener información que le ayude a ejecutar acciones para mejorar su desempeño, y la acreditación, que es el proceso para garantizar la calidad de una institución o de un programa educativo.

Según Robert J. Boxwell, el benchmarking se puede realizar en ocho pasos que son: determinación de variables, determinación de factores, identificación de instituciones líderes, medición de las instituciones líderes, medición de la brecha existente, desarrollo del plan de acción, obtención el compromiso de la dirección y de los subordinados, poner en práctica el plan de acción y dar seguimiento

Para realizar el estudio de benchmarking, primero se determinó la situación actual de la carrera de Ingeniería Química en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para determinar qué variables se someterían a estudio y qué factores clave se medirían, se estudiaron las categorías que se evalúan durante la acreditación de programas de ingeniería, según el modelo de la Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI).

Para identificar las instituciones líderes, se determinaron las mejores universidades del mundo en Ingeniería Química haciendo uso del Ranking mundial de universidades en la web y el reconocido ranking de la Universidad de Shanghai Jiao Tong.

La información obtenida de estas universidades fue recopilada, organizada y analizada y se determinó brecha de desempeño actual midiendo la diferencia entre las variables y factores de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos y las universidades analizadas

Se elaboró un plan de acción para igualar y superar las variables y factores estudiados para corregir los puntos débiles identificados en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Con la obtención del compromiso de la dirección y de los subordinados y la puesta en marcha del plan de acción y su respectivo seguimiento es posible lograr una mejora continua, elevar la calidad educativa de la carrera de Ingeniería Química y dar ventajas competitivas a sus egresados.

OBJETIVOS

GENERAL

- Comparar seis variables de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala con cinco universidades seleccionadas que imparten la carrera, cuyas variables y factores hayan sido publicados en la web.

ESPECÍFICOS:

1. Identificar las seis variables a comparar en el estudio de benchmarking.
2. Seleccionar las universidades que imparten la carrera de Ingeniería Química de acuerdo a su posición relativa respecto a otras pares según el Ranking Mundial en la Web y al ranking de la Universidad de Shanghai Jiao Tong.
3. Establecer la situación actual de la carrera de Ingeniería Química en la Universidad de San Carlos y de las demás universidades seleccionadas, determinando la brecha de desempeño actual.
4. Organizar y analizar lo mejor de los factores claves de las universidades seleccionadas y proponer un plan de acción para que sea adaptado en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de que las universidades garanticen a la sociedad profesionales de alta calidad ha propuesto que algunas carreras utilicen estándares internacionales para la evaluación de sus programas. Es por ello que el presente trabajo de graduación se apoya en el proceso de benchmarking y la acreditación, obtenida a través del ACAAI el 23 de julio del año 2009.

El estudio de benchmarking tipo secundario estratégico se realizó para la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos.

Las seis variables analizadas en el estudio de benchmarking fueron: enfoque curricular, perfiles, departamento de investigaciones, tiempo establecido para cerrar plan de estudios, formas de graduación y postgrados ofrecidos.

Las mejores universidades que imparten la carrera de Ingeniería Química elegidas por la posición del ranking que ocupan, sus diferentes ubicaciones geográficas y que describen la mayoría de actividades y factores a comparar en sus sitios web son: Universidad de Stanford (su posición relativa a nivel mundial en el año 2009 es 1), Universidad de Cambridge (posición 22), Universidad Autónoma de México (posición 44), la Universidad de Buenos Aires (posición 291) y la Pontificia Universidad Católica de Chile (posición 633). Según los rankings utilizados, la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentra en la posición 1351.

Al comparar a la Universidad de San Carlos de Guatemala con las universidades líderes en su ramo se establece que se establece que existe una brecha negativa, es decir, que las prácticas externas son mejores, referentes a que cuentan con especializaciones a nivel de pregrado y con estudios de postgrados especializados para la carrera de Ingeniería Química. Existe también brecha cero o paridad en el perfil de ingreso y egreso, el tiempo para cerrar el plan de estudios y las formas de graduación pues aunque existen diferencias, éstas no son significativas.

Tomando en cuenta las sugerencias de ACAAI para el mejoramiento del programa de Ingeniería Química y Plan Estratégico USAC-2022, las propuestas de mejora del plan de acción son realizar un estudio de mercado, crear de curso integrador de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, establecer líneas de investigación específicas para la carrera de Ingeniería Química, fortalecer los servicios sociales y convertirlos en un requisito para la titulación, otorgar títulos de especialización y la creación de maestrías y doctorados específicos para ingenieros químicos

Con la obtención del compromiso de la dirección y de los subordinados y la puesta en marcha del plan de acción y su respectivo seguimiento es posible lograr una mejora continua, elevar la calidad educativa de la carrera de Ingeniería Química y dar ventajas competitivas a sus egresados.

1. BENCHMARKING

En la actualidad las instituciones (entendiendo por instituciones entidades lucrativas y no lucrativas, del sector privado y público y académicas) tienen que competir no sólo con instituciones de la misma región, sino que se presenta una competencia cada vez mayor con otras instituciones de otros lugares y países debido a la globalización que se ha estado presentando, es por esto que las instituciones deben buscar formas o fórmulas que las dirijan hacia una productividad y calidad mayor para poder ser competitivas, una de estas herramientas o fórmulas es el benchmarking.

Al proceso continuo de medir y comparar una institución con las instituciones líderes en cualquier lugar del mundo a fin de obtener información que les ayude a ejecutar acciones para mejorar su desempeño, se denomina Benchmarking o estudios de desempeño comparativo o análisis técnicos competitivos.¹

Benchmarking es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, funciones, servicios y procesos de trabajo de las instituciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales. Es un proceso de descubrimiento y aprendizaje continuo en el cual es de suma importancia el concepto de medición y de comparación, pues se tienen que medir los procesos propios y los de otras instituciones para poder compararlos.

1 AGUIRRE, Miguel Ángel. "Benchmarking: Un acercamiento al concepto". <http://www.sht.com.ar/archivo/marketing/benchmarking.htm>. Fecha de acceso: 2009-01-03

Benchmarking es un proceso de descubrimiento y una experiencia de aprendizaje, fue utilizado tradicionalmente para comparar los resultados o el desempeño de una institución contra los líderes en ese campo, y promover mejoras, sin tener que pasar por los desgastantes ejercicios de prueba y error por los que ya pasó el líder. Permite a los gerentes mirar hacia adentro, al mismo tiempo que adoptan ideas y prácticas innovadoras provenientes del exterior. Los mejores resultados de una exploración (amplia o focalizada), se logran cuando se reconoce la situación propia y cuando se trata de buscar fuera del país y con cambio de paradigma. *Xerox Corporation* fue la primera en aplicar el benchmarking en 1979 como técnica y proceso competitivo frente a sus competidores².

La superioridad del benchmarking respecto a otras técnicas de planificación estratégica es notable, lo importante es saber dónde localizar y cómo procesar la información, una información veraz y actualizada que permita tener oportunidades reales de negociación en el mercado

El benchmarking es una estrategia que permite identificar las mejores prácticas de negocios entre todas las instituciones reconocidas como líderes, que al adaptarlas e implementarlas en nuestra institución, permite no sólo alcanzar a la competencia directa, sino que da una ventaja competitiva mayor a la de éstas.

Se debe tener una cultura capaz de recibir en forma continua información fresca de cómo hacen las cosas (funciones, prácticas, procesos, etc.) en otras instituciones y ser capaz de hacer algo con esa información. Sin duda las instituciones capaces de hacerlo son más maduras y terminan siendo más resistentes a los embates de los malos tiempos, además de competir mejor.

² "Gestión empresarial: Información para competir".
www.microsoft.com/spain/empresas/marketing/benchmarking.msp. Fecha de acceso: 2009-01-03

Benchmarking es un proceso de mejora continua, se relaciona con procesos y prácticas y no sólo con productos. Su objetivo es obtener mejoras de desempeño de forma rápida y continua en un medio de aprendizaje. Debe verse como un proceso sin fin, la meta es llegar a ser el mejor, no simplemente mejorar, no consiste sólo en copiar, debe contar con el compromiso de la dirección y debe existir voluntad de cambio³

La razón fundamental del benchmarking reside en que no tiene sentido estar investigando un proceso o sistema determinado si resulta que ese proceso ya existe. El gran acierto de esta técnica es que permite tomar decisiones a base de hechos y no de intuición. La clave está en localizar quiénes son los mejores haciendo algo y aprender de sus aciertos.

Una de sus desventajas es el costo en que incurre el llevar a cabo este proceso, si no se conduce en forma adecuada, el proceso será erróneo y causará grandes pérdidas para la institución. El proceso se puede extender en dos o tres años inclusive, dependiendo el proceso que se investiga. La institución interesada en realizar un estudio de este tipo, tendrá que seleccionar el proceso que mejor se acomode de acuerdo a sus recursos y necesidades, a continuación, en el inciso 1.1, se presentan diferentes tipos de benchmarking.

3 CAMP, Robert C. "Cómo medirse con los mejores". Excelencia (Club Gestión de Calidad). Mayo 1997, n. 16. Págs. 16-18.

1.1 Tipos de benchmarking⁴

Se pueden establecer varios tipos de benchmarking en función del proceso que se estudia y los objetivos del análisis. La clasificación más utilizada es la que atiende a la relación existente entre la institución que realiza el estudio y las áreas o instituciones con que se compara, de esta manera se clasifica de la siguiente forma:

1.1.1 Benchmarking interno

Compara procesos dentro de diferentes áreas de la misma institución, para posteriormente aplicar esa metodología al resto de ella. El análisis aportará los primeros datos sobre cuáles son los aspectos que mejor y peor funcionan en la institución. Se puede completar este estudio con consultas a los empleados y directivos de la propia institución, es más efectivo cuando existen empleados nuevos.

1.1.2 Benchmarking externo

Se subdivide en dos categorías, el benchmarking competitivo y el benchmarking genérico, los cuales se describen a continuación.

4 “Gestión empresarial: Información para competir”.
www.microsoft.com/spain/empresas/marketing/benchmarking.msp. Fecha de acceso: 2009-01-03

1.1.2.1 Benchmarking competitivo o cooperativo

Se comparan procesos de instituciones competidoras en un mismo sector, basándose en el mutuo acuerdo entre ambas en los aspectos a tratar y el alcance del proceso, el gran obstáculo en este tipo de benchmarking radica en la confidencialidad de la información. Permite conocer todas las ventajas y desventajas de los competidores más directos. La matriz FODA puede ser una buena herramienta, esta matriz se utiliza para conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, tanto de la competencia como de la institución propia.

La técnica cooperativa siempre es más sencilla en el ámbito internacional, porque la competencia se percibe como más lejana y menos peligrosa que la nacional.

1.1.2.2 Benchmarking genérico

Es orientado a procesos de negocios similares entre instituciones pertenecientes a sectores distintos, ya que algunas funciones o procesos en los negocios son las mismas con independencia en las disimilitudes de las instituciones. El beneficio es que se pueden descubrir prácticas y métodos que no se implementan en la institución que realiza el estudio.

1.1.3 Benchmarking secundario

Se recopila información de dominio público sobre un sector de actividad, las instituciones competidoras, los mercados en los que se mueve, los clientes, proveedores, etc. Sin ir más lejos, internet permite conseguir información gratis o a bajo precio de manera cómoda y rápida. Lo primero es detectar los países con mayores oportunidades para los productos o servicios propios.

Según los objetivos del estudio de benchmarking secundario, se puede establecer la siguiente clasificación:

1.1.3.1 Benchmarking estratégico

Obedece a razones de posicionamiento en el mercado, para lo cual su empeño consiste en mejorar los factores críticos de éxito, esto es, aquellos considerados claves para la satisfacción del cliente. Es un estudio de benchmarking secundario estratégico el que se utilizará para realizar el presente trabajo de graduación.

1.1.3.2 Benchmarking funcional

Está estrechamente ligado con los procesos internos que se encuentran más próximos al cliente, de ahí que su objetivo es lograr una mejor percepción del cliente y optimizar los factores que elevan su grado de satisfacción

1.1.3.3 Benchmarking operativo

Responde a impulsos para la mejora de la institución operativa y, por lo general, busca mejorar aspectos muy concretos relacionados con reducir el tiempo de ejecución, el número de trabajadores implicados en una misma área o evitar duplicidades de tareas dentro de la institución.

1.2 Proceso de benchmarking⁵

Según Robert J. Boxwell, autor del libro “Benchmarking para competir con ventaja” el benchmarking se puede realizar en ocho pasos:

1. **Determinación de variables:** En esta etapa se decide qué variables serán consideradas en el estudio de benchmarking.
2. **Determinación de factores:** Para determinarlos se deben estudiar los datos de la propia institución para confirmar exactamente qué datos de afuera se necesitan, estos datos constituyen los factores claves a medir.
3. **Identificación de instituciones líderes:** Se identifican las áreas o instituciones con prácticas más avanzadas o líderes en las variables y factores de estudio, en este paso es de suma importancia el considerar que tipo de benchmarking se quiere aplicar (interno, competitivo, genérico, estratégico, funcional u operativo).
4. **Medición de las instituciones líderes:** Para realizar este paso se debe recopilar, organizar y analizar la información obtenida para el estudio de benchmarking. La información puede ser obtenida en bibliotecas, a través de consultores o expertos, mediante encuestas, por visitas directas, etc.

⁵ BOXWELL, Robert J. “Benchmarking para competir con ventaja”. Traducido por: Isabel Vallecillo Rubiera y Bárbara McShane. Editorial McGraw-Hill. México, 1995. Págs.: 18

5. Medición de la brecha existente: Establecer la brecha de desempeño actual determinando o midiendo la diferencia entre las variables y factores de la institución que realiza el estudio y las áreas o instituciones analizadas. Existen tres posibles resultados que son:
 - Brecha negativa: Significa que las prácticas externas son mejores.
 - Brecha cero: Significa que no hay diferencias importantes en las prácticas, existe paridad.
 - Brecha positiva: Significa que las prácticas internas son superiores a los de otras áreas o instituciones.
6. Desarrollo del plan de acción: Se debe desarrollar un plan de acción para igualar y superar las variables y factores estudiados.
7. Obtención el compromiso de la dirección y de los subordinados: los hallazgos de benchmarking se tienen que comunicar a todos los niveles de la institución para obtener respaldo y compromiso para llevar a cabo el plan de acción.
8. Poner en práctica el plan de acción y dar seguimiento: Se debe llevar a cabo el plan de acción para igualar y superar el área o institución líder y se deben supervisar los resultados para verificar que se cumplen los objetivos del plan.

Si el estudio de benchmarking es hecho como un proceso constante y se institucionaliza, servirá como una herramienta que permita mejorar el desempeño de la institución al permitir identificar las mejores prácticas de negocios entre las instituciones líderes, de manera que permitirá ser más competitivos y poder tener éxito en un mercado cambiante y global en el que las instituciones tienen que desempeñarse actualmente.

2. DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA EN LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Para realizar el estudio de benchmarking, primero debe determinarse la situación actual de la carrera de Ingeniería Química en la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), la cual se detalla a continuación:

2.1 Plan de estudios

El plan de estudios y la descripción detallada de cada curso impartido en la carrera de Ingeniería Química en la Universidad de San Carlos se encuentran descritos en el documento Catálogo de estudios, 2009 o en la dirección <http://nuevos.usac.edu.gt/archivos/cingenieria.pdf>.

2.2 Perfiles

El perfil de ingreso y egreso del estudiante de la carrera de Ingeniería Química en la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentran descritos en el documento Catálogo de estudios, 2009 o en la dirección <http://nuevos.usac.edu.gt/archivos/cingenieria.pdf>.

2.3 Programas de investigación

El Sistema de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala se institucionalizó con la emisión del Acuerdo de Rectoría No. 495-81 de fecha 1 de julio de 1981, y por el Acuerdo de Rectoría No. 1509-90 se llevaron a cabo modificaciones que lo hicieron funcionar hasta el presente. El Acta 44-93 del Consejo Superior Universitario en su punto séptimo aprobó el Reglamento del Sistema de Investigación de la USAC y el Acta 39-92 del Consejo Superior Universitario en su punto octavo, aprobó el Reglamento para el desarrollo de los proyectos financiados por medio del Fondo de Investigación. Este Sistema de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala –SINUSAC- se integra por el subsistema directivo, constituido por el Consejo Coordinador e Impulsor de la Investigación –CONCIUSAC-; el subsistema ejecutivo integrado por la Dirección General de Investigación –DIGI-; y el subsistema operativo conformado por más de treinta y tres unidades (institutos, centros, departamentos, coordinaciones, comisiones, etc.) que administran investigación. Los Programas Universitarios de Investigación (PUI) forman parte de este subsistema operativo y constituyen la estrategia a través de la cual se organiza la investigación en la universidad, para abordar los principales problemas de la sociedad guatemalteca con enfoque integral. Estos Programas Universitarios de Investigación son una serie de acciones sistemáticas, tendientes a la optimización de recursos y coordinación de equipo inter, multi y transdisciplinarios de investigación, que están orientados al mejor conocimiento de la realidad y a la búsqueda de soluciones a través de la metodología científica, que permita el cumplimiento de los fines de la universidad.

2.3.1 Programas universitarios de investigación

Once son los Programas Universitarios de Investigación (PUI) que tienen como base la realidad nacional, las políticas de investigación de la universidad y las prioridades de las unidades académicas. Cada uno de estos PUI propicia la oportunidad de profundizar en forma sistemática en el conocimiento de los objetos de estudio que se abordan.

En la tabla I se puede apreciar los nombres de los once programas universitarios de investigación, así como los acrónimos que se utilizan.

Tabla I. Programas Universitarios de Investigación que administran las Unidades ejecutoras de la Universidad de San Carlos

No.	Programa Universitario de Investigación	Siglas o Acrónimos
1	Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud	PUIIS
2	Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente	PUIRNA
3	Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición	PRUNIAN
4	Programa Universitario de Investigación en Cultura, Pensamiento e Identidad de la Sociedad guatemalteca	PUIEC
5	Programa Universitario de Investigación en Educación	PUIE
6	Programa Universitario de Investigación en Desarrollo industrial	PUIDI
7	Programa Universitario de Investigación en Asentamientos Humanos	PUIAH
8	Programa Universitario de Investigación en Historia de Guatemala	PUIHG
9	Programa Universitario de Investigación en Estudios para la Paz	PUIEP
10	Programa Universitario de Investigación en Estudios de Coyuntura Económica, Social y política	PUIECY
11	Programa Universitario de Investigación en Estudios de Género	PUIEG

Fuente: DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN, Capítulo I, El sistema de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala

De acuerdo a los objetivos y a las líneas de investigación prioritaria que tienen cada uno de los Programas Universitarios de Investigación, éstos se

pueden clasificar de acuerdo a las áreas o campos científicos y tecnológicos como se aprecia en la tabla II.

Tabla II. Programas Universitarios de Investigación de acuerdo a las áreas o campos de la ciencia y tecnología

Área	Programas Universitarios de Investigación		
Ciencias naturales y exactas	PUIRNA		
Ingeniería y tecnología	PUIDI		
Ciencias médicas	PUIIS		
Ciencias sociales	PUIEC PUIE	PUIAH PUIEP	PUIECY
Humanidades	PUIHG		
No clasificados	PUIEG	PRUNIAN	

Fuente: DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN, Capítulo I, El sistema de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala

El sistema de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala obedece al modelo teórico de sistemas de generación e incorporación del conocimiento en una sociedad (Sistemas de ciencia y tecnología) con funciones específicas de sus actores directos en actividades de creación o generación, utilización, intermediación y gestión del conocimiento. El subsistema operativo, conformado por más de treinta y tres unidades que realizan actividades científicas y tecnológicas bajo investigación y desarrollo experimental, educación y enseñanza científica técnica y servicios científicos y técnicos, es susceptible de ser medido para contar con estadísticas e indicadores que describan la realidad científica, tecnológica y de innovación del sector académico, específicamente de la Universidad de San Carlos de Guatemala dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

El subsistema operativo está conformado por los centros, departamentos, oficinas, institutos de investigación y otros, que de acuerdo al Manual de Frascatti, se clasifican en seis grandes áreas o campos científicos y tecnológicos. En la tabla III se puede apreciar el listado de las unidades ejecutoras que administran investigación en la Universidad de San Carlos de Guatemala y que forman el subsistema operativo del SINUSAC.

Tabla III. Listado de las unidades ejecutoras que administran investigación en la Universidad de San Carlos de Guatemala

	Acrónimos o siglas de las unidades	Nombre completo de las unidades ejecutoras que administran investigación en la USAC
de facultades y Escuelas	IIQB	Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas
	CECON	Centro de Estudios Conservacionistas
	CIFA	Centro de Investigaciones de Arquitectura
	CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería
	CESEM	Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas
	ERIS	Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria
	CICS	Centro de Investigaciones de las Ciencias de la Salud
	DEO	Departamento de Investigaciones Odontológicas
	IIA	Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales
	IIP	Instituto de Investigaciones Pecuarias
	CIEPS	Centro de Investigaciones en Psicología
	IIJS	Instituto de Investigaciones Jurídicas y Sociales
	IIES	Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales
	DPN	Departamento de Estudios de Problemas Nacionales
	IIPS	Instituto de Investigaciones Políticas y Sociales
	CICC	Centro de Investigaciones de la Escuela de Ciencias de la Comunicación
	IIETS	Instituto de Investigaciones de la Escuela de Trabajo Social
	DIEFPEM	Departamento de Investigación del EFPEM
	IIH	Instituto de Investigaciones Humanísticas
	IIHAA	Instituto de Investigaciones Históricas, Arqueológicas y Antropológicas
No facultativas	CEFOL	Centro de Estudios Folklóricos
	IDEI	Instituto de Investigaciones de Estudios Inter-étnicos
	CEUR	Centro de Estudios Urbanos y Regionales

Fuente: DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN, Capítulo I, El sistema de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala

2.4 Tiempo teórico establecido para cerrar el plan de estudios

Existen dos opciones que determinan la duración de los estudios:

Opción 1: Diez semestres para asignarse cursos y completar 256 créditos académicos, más el tiempo necesario para los exámenes generales:

- a) Examen técnico profesional (examen privado) y
- b) Elaboración de un trabajo de graduación

En esta opción no se asignan materias en los periodos intersemestrales para completar en menor tiempo los 256 créditos académicos.

Opción 2: De acuerdo a la disponibilidad del tiempo del estudiante, éste puede asignarse uno o dos cursos intensivos entre los períodos intersemestrales para completar en menor tiempo los 256 créditos académicos (por ejemplo, puede completar los créditos académicos en 8 ó 9 semestres), más el tiempo necesario para presentar los exámenes generales:

- a) Examen técnico profesional (examen privado) y
- b) Elaboración de un trabajo de graduación

2.5 Formas de graduación⁶

Existen dos opciones para obtener el grado de licenciado(a) con título en Ingeniería Química, las cuales se detallarán en los incisos 2.5.1 al 2.5.2 y que se resumen a continuación: una opción es realizar un trabajo de graduación y el examen técnico profesional y la segunda opción es realizar el ejercicio profesional supervisado final (EPS), éste a su vez presenta tres modalidades, una de las modalidades es realizar el Ejercicio Profesional Supervisado de graduación (EPS final) con una duración de 6 meses, la segunda modalidad es realizar un EPS final de 3 meses con el examen técnico profesional no aprobado y la tercera modalidad es realizar un EPS final de tres meses con examen técnico profesional aprobado.

Antes de ello se debe realizar una práctica inicial, intermedia y final (empresarial, en instituciones de educación superior o social), tener aprobados los 256 créditos obligatorios y tener acreditado el conocimiento en idioma inglés habiendo aprobado los cursos de idioma técnico 1, 2, 3 y 4, tener constancia de haber aprobado el nivel 12 de idioma inglés en CALUSAC o haber aprobado el examen único de inglés.

Más información se localiza en el Manual de Procedimientos y Reglamento de trabajos de graduación, los procedimientos se encuentran detallados en la página <http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/quimica/index.php>

⁶ UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. “Normativo del Ejercicio Profesional Supervisado de graduación (EPS final) de la Facultad de Ingeniería”. Guatemala, agosto 2006.

2.5.1 Ejercicio Profesional Supervisado final (EPS final)

EPS final puede definirse como las actividades académicas de docencia-aprendizaje, actividades de investigación y actividades de servicio técnico-profesional universitario que los estudiantes con cierre de pensum de estudios realizan en el medio real del país, para desarrollar proyectos relativos a su profesión.

Sus objetivos son: participar en las diferentes comunidades, instituciones y empresas asignadas como centros de práctica, sistematizar y enriquecer los conocimientos del estudiante mediante la confrontación cotidiana de la teoría con la práctica, fortalecer la formación profesional de los futuros egresados mediante un trabajo supervisado que integre y aplique los conocimientos adquiridos durante la carrera, contribuir a que los estudiantes desarrollen la capacidad de análisis e interpretación de la problemática nacional y promover las actividades de docencia, investigación y extensión universitaria con participación interinstitucional en el ámbito nacional.

La duración del programa de EPS final tiene tres modalidades, siendo las siguientes:

- a) De tres meses mínimo (con examen técnico profesional): Para el EPS cuyo proyecto tenga una duración de tres meses mínimo, el informe del mismo podrá considerarse como sustituto del examen técnico profesional.
- b) De tres meses mínimo (con examen técnico profesional): Para el EPS cuyo proyecto tenga una duración de tres meses mínimo, el informe del mismo podrá considerarse como sustituto del trabajo de graduación del alumno.

- c) De seis meses mínimo: Para el EPS cuyo proyecto tenga un trabajo mínimo de seis meses, podrá sustituir el examen técnico profesional y el informe final del trabajo presentado, podrá sustituir al trabajo de graduación del alumno.

Las tres modalidades descritas deben de cubrir un mínimo de 20 horas semanales dentro de la comunidad, institución o empresa en donde se realice el EPS, las cuales deberán ser programadas en el anteproyecto de EPS.

2.5.2 Elaboración del trabajo de graduación y el examen técnico profesional

Para realizar el trabajo de graduación se debe presentar el protocolo o anteproyecto. El estudiante realizará la presentación y defensa de su protocolo en presencia del Director(a) de la Escuela de Ingeniería Química, Coordinador(a) de Trabajos de Graduación, revisor(a) asignado(a) y su asesor(a). Después de ser aprobado se realiza el informe final de trabajo de graduación.

Al culminar el trabajo de graduación y tener el examen general privado aprobado se debe solicitar una fecha para presentar y/o defender los resultados obtenidos en el trabajo, esta evaluación final debe ser aprobada para graduarse.

2.6 Postgrados ofrecidos⁷

Actualmente, la Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con diez maestrías dirigidas a la Facultad de Ingeniería, de estos postgrados los egresados de la carrera de Ingeniería Química pueden optar por tres maestrías, siendo éstas Maestría en Gestión industrial, Energía y Ambiente y Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. También puede optar al postgrado de Especialización en investigación científica. Ninguna maestría o postgrado pertenece a la Escuela de Ingeniería Química.

La descripción de las maestrías y postgrado se encuentran descritas en la página <http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/epostgrado/index.html>.

⁷ ESCUELA DE POSTGRADO. Facultad de Ingeniería - Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/epostgrado/index.html>. Fecha de acceso: 2009-03-19

3. DETERMINACIÓN DE VARIABLES Y FACTORES

De acuerdo con los ocho pasos del proceso de benchmarking, el primer y segundo paso a desarrollar es determinar qué variables se deben someter a estudio y qué factores clave se medirán, es por ello que se estudian los componentes que se evalúan durante la elaboración del plan de mejoramiento dentro de la acreditación de programas de ingeniería para determinarlos.

3.1 Acreditación

En el Plan Operativo Anual 2008 la línea estratégica para Ingeniería Química fue el fortalecimiento del proceso de acreditación y certificación de la USAC y sus programas académicos y cuyo objetivo fue acreditar la carrera de Ingeniería Química y la Escuela de Ingeniería Química con la Agencia Centroamericana de acreditación de Arquitectura e Ingeniería (ACAAI)⁸, se logró la acreditación el 23 de julio del año 2009 y se obtuvo el certificado de acreditación a Ingeniería Química.

⁸ “Plan operativo anual 2008”. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala, octubre 2007.

La acreditación se define como el proceso de evaluación basado en estándares y criterios de calidad previamente establecidos que es llevado a cabo por un organismo externo y que procura garantizar la calidad de una carrera o programa educativo⁹.

La acreditación se basa en la confianza que se establece entre universidad, estudiantes y sociedad. Al ingresar en una determinada enseñanza, un estudiante deposita en la universidad su confianza en la calidad del programa de estudios, la solvencia formativa de los docentes, en la adecuación de los servicios generales que recibe y en la suficiencia de las instalaciones, entre otras cosas.

La acreditación puede considerarse como un elemento informativo de gran importancia dado que con ella se ofrece información al estudiante y a la sociedad en general sobre el valor oficial del título obtenido y la garantía de que la calidad de la enseñanza es revisada periódicamente de forma externa, por una agencia independiente. Además, abre la posibilidad, una vez acreditada la enseñanza, para la transferencia de créditos con programas de diferentes universidades y países para que el estudiante pueda cursar otras enseñanzas más avanzadas o recibir ayudas económicas.

El propósito de la acreditación es identificar para la región centroamericana, aquellas carreras y programas universitarios que cumplan con los requisitos de calidad establecidos por la Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI) y con ello mejorar la calidad

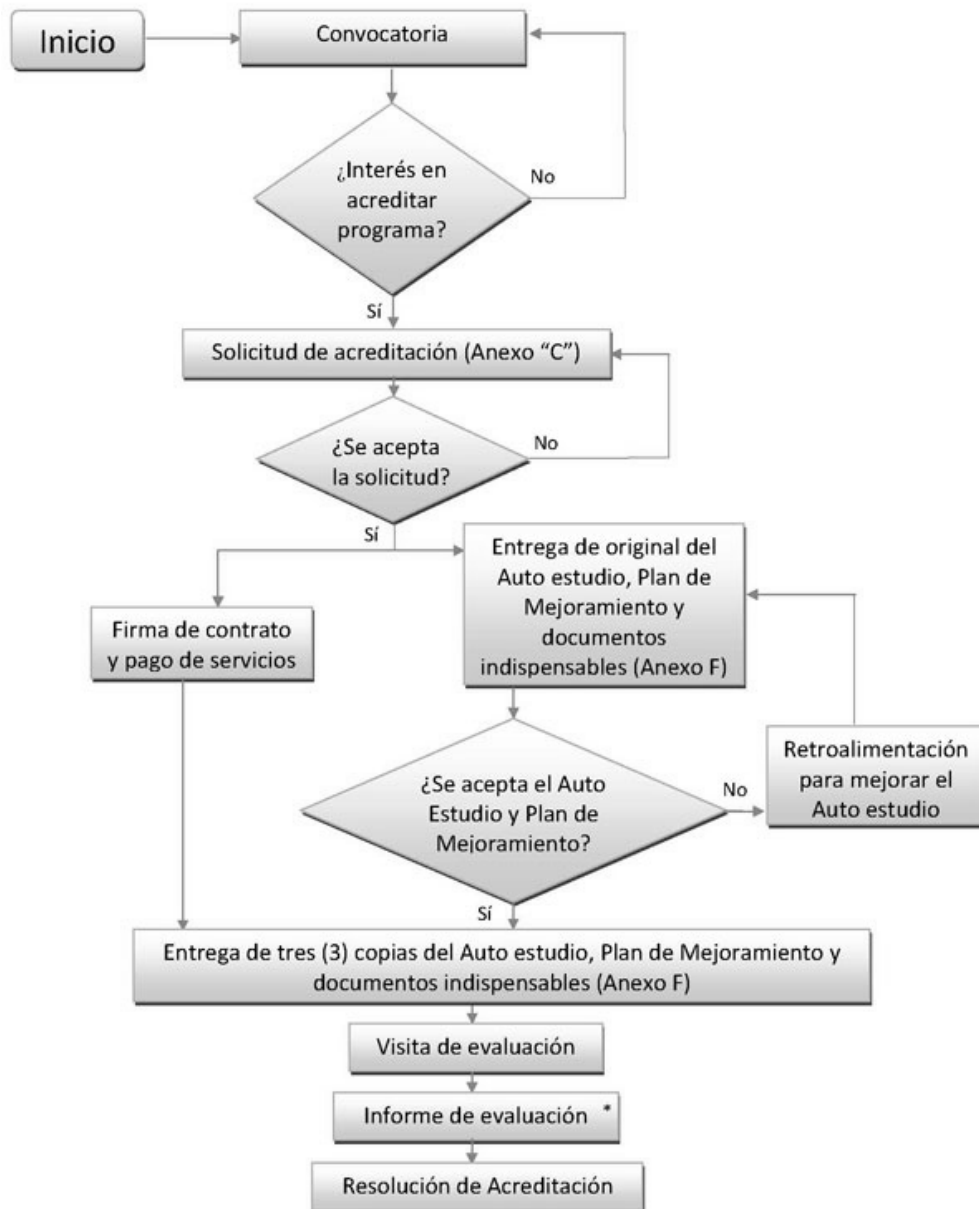
9 ACAAI. "Proceso de la acreditación". <http://www.acaai.org.pa/acreditacion.html>. Fecha de acceso: 2009-03-19

de las carreras que ofrecen las instituciones universitarias y garantizar públicamente la calidad de éstos.

La Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura y de Ingeniería (ACAAI) es un organismo regional sin ánimo de lucro, constituido por los sectores académicos, público y privado, profesional, gubernamental y empleador de América Central (integrada por Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá), para conceder la acreditación de los programas de arquitectura y sus programas afines y de la ingeniería y sus distintas especialidades, de las instituciones de educación superior que funcionen en cada país o en la región. La sede del ACAAI se encuentra en Panamá.

La acreditación se basa en un proceso evaluativo, conformado por varias fases e incluso por distintas evaluaciones independientes pero relacionadas, que se aplican a las instituciones como un todo o a sus programas, carrera o servicios. A continuación se presenta en la figura 1 el proceso de la acreditación, según ACAAI.

Figura 1. Proceso de la acreditación según ACAAI



* Se entregará solamente al Consejo de Acreditación de ACAAI a través de la Dirección Ejecutiva.

Fuente: ACAAI. Proceso de la acreditación. <http://www.acaa.org.pa/acreditacion.html>,
2009-03-19

Una de las características inherentes a los procesos de acreditación es la temporalidad. El Certificado de Acreditación que otorga la ACAAI tiene una vigencia de 3 ó 5 años, sin embargo para mantener la acreditación a lo largo de todo ese plazo la carrera debe presentar anualmente informes de cumplimiento del plan de mejoras. Un plan de mejoras es todo el conjunto de acciones que deben ejecutarse en función de las deficiencias o debilidades detectadas en el proceso de autoevaluación. Este plan permite el mejoramiento de la calidad de los futuros egresados de una carrera o programa.

Al realizar el presente trabajo de graduación se está contribuyendo en la preparación del informe de plan de mejoras al detectarse deficiencias o debilidades, capítulo 6 página 67, y desarrollarse un plan de acción, capítulo 7 página 71.

3.2 Categorías de análisis de la acreditación

En el modelo la ACAAI, denomina “categoría” al agrupamiento de elementos con características comunes, de los programas de ingeniería y arquitectura, a las que se aplican un conjunto de pautas y criterios de calidad para la emisión de juicios de valor sobre su calidad de acreditable, tomando en cuenta que pueden compararse con una serie de estándares. Los aspectos integrantes generales de cada categoría son llamados “componentes”.

Las categorías y componentes se definen a partir del marco de referencia general, establecido por el Consejo Centroamericano de Acreditación (CCA), introduciendo una categoría inicial referida al entorno en que se desarrolla el programa.

En consecuencia, el modelo de ACAAI, plantea las siguientes categorías de análisis con sus respectivos componentes en la tabla IV.

Tabla IV. Categorías y componentes del modelo ACAAI

No.	Categorías	Componentes
1	El entorno	Demandas del entorno, objetivos educacionales, información y atracción y definición de perfiles.
2	Enfoque curricular	Planeamiento educativo y revisión curricular.
3	Proceso enseñanza aprendizaje	Metodología de enseñanza aprendizaje, estrategias educativas, desarrollo del perfil de egreso y coherencia entre objetivos, contenidos, métodos e instrumentos de evaluación.
4	Investigación y desarrollo tecnológico	Organización de la investigación y el desarrollo tecnológico y recursos para la investigación y el desarrollo tecnológico.
5	Extensión y vinculación	Extensión universitaria y vinculación con empleadores.
6	Recursos humanos	Personal académico, capacitación del personal académico y personal de apoyo.
7	Estudiantes	Admisión al programa, permanencia en el programa, actividades extracurriculares y requisitos de graduación.
8	Servicios estudiantiles	Comunicación y orientación, programas de apoyo a los estudiantes y reglamentos y convenios.
9	Gestión académica	Organización, eficacia de la gestión, eficiencia de la gestión y sistemas de información y registro.
10	Infraestructura	Sus pautas son: El programa dispone de espacio, se cumplen con las normas y medidas de prevención y seguridad ocupacional, cumple con las normas pedagógicas, existen lugares de recreo, esparcimiento, estacionamiento y sistemas de seguridad, etc.
11	Recursos de apoyo	Recursos tecnológicos, recursos didácticos y mobiliario e insumos.
12	Graduados	Impacto en la sociedad y graduados.

Fuente: Anexo A: Resumen tabular de categorías, pautas y estándares. ACAAI.
<http://www.acaa.org.pa/pdf/Anexo-A.pdf>. Fecha de acceso: 2009-10-04.

3.3 Variables y factores

Como se mencionó anteriormente, el trabajo de graduación consiste en un benchmarking secundario estratégico porque se recopila información de dominio público, utilizando internet y su propósito es mejorar los factores críticos de éxito. Por lo tanto, debido a la naturaleza de este estudio y tomando en cuenta las categorías de análisis del modelo de ACAAI mencionadas en el inciso 3.2, se accedió a las páginas web de diversas universidades que imparten la carrera de Ingeniería Química y se identificaron aquellas variables y factores claves a comparar que se lograron obtener y que son de uso generalizado en la mayoría de universidades. A continuación se presentan las seis variables con sus respectivos factores:

1. Diseño curricular del plan de estudios: definición de créditos, número de cursos y créditos y similitud de contenido de los cursos.
2. Perfiles: perfil de ingreso y egreso.
3. Departamento de investigaciones: líneas de investigación y vinculación con la docencia.
4. Tiempo establecido para cerrar plan de estudios.
5. Formas de graduación: elaboración de investigación, tesis o trabajo de graduación, práctica profesional y examen profesional o examen privado.
6. Postgrados ofrecidos: maestrías y doctorados.

4. IDENTIFICACIÓN DE INSTITUCIONES LÍDERES

De acuerdo con los ocho pasos del proceso de benchmarking, el tercer paso a desarrollar es identificar las instituciones líderes, es por ello que a continuación se determinan cuales son las mejores universidades del mundo en Ingeniería Química.

4.1 Criterio a utilizar para identificar a las mejores universidades del mundo en Ingeniería Química

El ranking mundial de universidades en la web es una iniciativa del Laboratorio de Cibermetría que pertenece al Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC), que es parte del mayor centro nacional de investigación de España, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

El ranking mundial de universidades en la web es un listado de universidades y centros de investigación de todo el mundo y clasificados de acuerdo a su presencia en la web medida con indicadores cibernéticos¹⁰:

¹⁰ "Ranking mundial de universidades en la web". http://www.webometrics.info/index_es.html.
Fecha de acceso: 2009-11-27

- Tamaño (S): número de páginas recuperadas desde los cuatro motores de búsqueda: Google, Yahoo, Live Search y Exalead.
- Visibilidad (V): el número total de enlaces externos únicos recibidos (inlinks) por un sitio que se pueden obtener de forma consistente desde Yahoo Search, Live Search y Exalead.
- Ficheros ricos (R): los siguientes formatos de archivo fueron seleccionados tras considerar su relevancia en las actividades académicas y de publicación, y teniendo en cuenta su volumen de uso: Adobe Acrobat (.pdf), Adobe PostScript (.ps), Microsoft Word (.doc) y Microsoft Powerpoint (.ppt). Estos datos fueron extraídos a través de Google, Yahoo Search, Live Search y Exalead.
- Académico (Sc): Google académico proporciona el número de artículos y citas para cada dominio académico. Los resultados obtenidos de la base de datos del Google Académico comprenden artículos, informes y otro tipo de documentos académicos.

Los cuatro valores ordinales fueron combinados de acuerdo a la siguiente fórmula, con pesos que permiten mantener la relación 1:1 entre visibilidad y tamaño:

$$\text{Posición} = 4*V+2*S+1*R+1*Sc$$

Se utilizó el ranking mundial de universidades en la web porque está basado en indicadores web, refleja mejor la actividad global de las instituciones, tiene en cuenta su calidad e impacto y posee mayor cobertura que otros *rankings* similares.

La información obtenida de este ranking puede encontrarse en las tablas V, VI y VII a continuación:

Tabla V. Fragmento del top 400 de universidades en la web a nivel mundial

Ranking mundial 2009	Universidad	País
1	Instituto tecnológico de Massachusetts	USA
2	Universidad Harvard	USA
3	Universidad de Stanford	USA
4	Universidad de Berkeley, California	USA
5	Universidad de Cornell	USA
6	Universidad de Madison, Wisconsin	USA
7	Universidad de Minnesota	USA
8	Instituto de tecnología California	USA
9	Universidad urbana de Champaign, Illinois	USA
10	Universidad de Michigan	USA
11	Universidad de Austin, Texas	USA
12	Universidad de Washington	USA
13	Universidad de Chicago	USA
14	Universidad Carnegie Mellon	USA
15	Universidad de Pennsylvania	USA
16	Universidad de Columbia, Nueva York	USA
17	Universidad Texas A&M	USA
18	Universidad de Maryland	USA
19	Universidad de Los Ángeles, California	USA
20	Universidad Purdue	USA
21	Universidad Johns Hopkins	USA
22	Universidad de Cambridge	UK

Fuente: Ranking mundial de universidades en la web.
http://www.webometrics.info/index_es.html, 2009

Tabla VI. Ranking de universidades en la web en el país de Guatemala

Ranking mundial 2009	Universidad
1351	Universidad de San Carlos de Guatemala
2153	Universidad Francisco Marroquín
3444	Universidad Galileo
4008	Universidad Rafael Landívar
5509	Universidad Panamericana de Guatemala

Fuente: Ranking mundial de universidades en la web.
http://www.webometrics.info/index_es.html, 2009

Tabla VII. Ranking de universidades en la web a nivel latinoamericano

Ranking mundial 2009	Universidad	País
38	Universidad de Sao Paulo	Brasil
44	Universidad Nacional Autónoma de México	México
115	Universidad Estadual de Campinas	Brasil
152	Universidad Federal do Rio Grande do Sul	Brasil
204	Universidad de Brasilia	Brasil
241	Universidad Federal de Minas Gerais	Brasil
291	Universidad de Buenos Aires	Argentina
352	Universidad Federal do Paraná	Brasil
391	Tecnológico de Monterrey	México
459	Universidad de Los Andes	Colombia
497	Universidad de Concepción	Chile
503	Universidad Federal do Ceara	Brasil
522	Universidad Federal de Pernambuco	Brasil
541	Universidad Nacional de Colombia	Colombia
566	Pontificia Universidad Católica do Río Grande do Sul	Brasil
633	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile

Fuente: Ranking mundial de universidades en la web.
http://www.webometrics.info/index_es.html, 2009

Como segunda referencia se utilizó el ranking de la Universidad de Shanghai Jiao Tong.

El ranking de la Universidad de Shanghai Jiao Tong es una de las clasificaciones más conocidas mundialmente, se trata de un listado recopilado por un grupo de especialistas en bibliometría de la Universidad Jiao Tong de Shanghai en China. Este listado incluye las mayores instituciones de educación superior del mundo y están ordenadas de acuerdo a una fórmula que toma en cuenta el número de galardonados con el Premio Nobel (10%), los ganadores de la Medalla Fields (distinción que concede la Unión Matemática Internacional cada cuatro años) (20%), número de investigadores altamente citados en 21 temas generales (20%), número de artículos publicados en las revista científicas *Science* y *Nature* (20%) y el impacto de los trabajos académicos

registrados en los índices del *Science Citation Index* (20%) y por último, el "tamaño" de la institución¹¹.

La información obtenida de este ranking puede encontrarse en las tablas VIII y IX a continuación:

Tabla VIII. Las cinco mejores universidades clasificadas del mundo según el ranking de la Universidad de Shanghai Jiao Tong

Lugar 2009	Universidad	País
1	Universidad de Harvard	EE.UU.
2	Universidad de Stanford	EE.UU.
3	Universidad de California, Berkeley	EE.UU.
4	Universidad de Cambridge	Reino Unido
5	Instituto Tecnológico de Massachusetts	EE.UU.

Fuente: Shanghai Jiao Tong University Ranking.

http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_acad%C3%A9mica_de_universidades, 2008

Tabla IX. Las diez mejores universidades clasificadas de Iberoamérica de lengua hispana según el ranking de la Universidad de Shanghai Jiao Tong

Lugar 2009	Universidad	País
1	Universidad de Barcelona	España
2	Universidad de Buenos Aires	Argentina
3	Universidad Nacional Autónoma de México	México
4	Universidad Autónoma de Madrid	España
5	Universidad Complutense de Madrid	España
6	Universidad de Valencia	España
7	Universidad Autónoma de Barcelona	España
8	Universidad Politécnica de Valencia	España
9	Universidad Católica de Chile	Chile
10	Universidad de Chile	Chile

Fuente: Shanghai Jiao Tong University Ranking.

http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_acad%C3%A9mica_de_universidades, 2008

11 "Shanghai Jiao Tong University Ranking".

http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_acad%C3%A9mica_de_universidades. Fecha de acceso: 2008-07-05.

4.2 Universidades a comparar

Consultando los *rankings* presentados en el inciso 4.1, se identificaron aquellas universidades que impartieran la carrera de Ingeniería Química, que tuvieran una mejor posición a la Universidad de San Carlos de Guatemala, que se encontraran en diferentes ubicaciones geográficas y que la información presentada en sus sitios web contara con las actividades y factores claves a comparar mencionados en el inciso 3.3, página 25. Las universidades que cuentan con lo solicitado y que serán utilizadas para realizar el estudio comparativo se presentan en la tabla X.

Tabla X. Universidades a comparar

País	Universidad	Posición a nivel mundial 2009	Acreditación
Estados Unidos	Universidad de Stanford	3	Acreditada con el Consejo de Acreditación de Ingeniería, EAC*
Inglaterra	Universidad de Cambridge	22	Acreditada por el Instituto de Ingenieros Químicos, IChemE*
México	Universidad Autónoma de México (UNAM)	44	Acreditada con la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, CONEAU
Argentina	Universidad de Buenos Aires (UBA)	291	Sin evidencia de acreditación
Chile	Pontificia Universidad Católica de Chile	633	Acreditada con Comisión Nacional de Acreditación, CNA
Guatemala	Universidad de San Carlos (USAC)	1351	Acreditada con la Agencia Centroamericana de Acreditación de programas de Arquitectura y de Ingeniería, ACAAI

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

* Por sus siglas en inglés.

5. MEDICIÓN DE LAS INSTITUCIONES LÍDERES

De acuerdo con los ocho pasos del proceso de benchmarking, el cuarto paso a desarrollar es medir la medición de las instituciones líderes, por lo que a continuación se analiza la información recopilada y organizada en la sección de anexos, páginas 85 - 235. Toda la información presentada en las tablas se refiere a la carrera de Ingeniería Química de las diferentes universidades y las comparaciones son realizadas respecto a la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

5.1 Definición de créditos

En la tabla XI se presentan las definiciones de créditos de las universidades comparadas. Este es el resultado del estudio de las definiciones presentadas en el anexo 2, a partir de la página 99.

Tabla XI. Definiciones de créditos

	Definición de créditos
Universidad de Stanford	La universidad de Stanford no presenta dentro de su página web la definición de créditos que maneja.
Universidad de Cambridge	La universidad de Cambridge no presenta dentro de su página web la definición de créditos que maneja.

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Universidad Nacional Autónoma de México</p>	<p>Crédito es la unidad de valor o puntuación de una asignatura, que se computa en la siguiente forma:</p> <p>a) En actividades que requieren estudio o trabajo adicional del alumno, como en clases teóricas o seminarios, una hora de clase semana-semester corresponde a dos créditos.</p> <p>b) En actividades que no requieren estudio o trabajo adicional del alumno, como en prácticas, laboratorio, taller, etcétera, una hora de clase semana-semester corresponde a un crédito.</p> <p>c) El valor en créditos de actividades clínicas y de prácticas para el aprendizaje de música y artes plásticas, se computará globalmente según su importancia en el plan de estudios y a criterio de los consejos técnicos respectivos y del Consejo Universitario.</p> <p>Los créditos para cursos de duración menor de un semestre se computarán proporcionalmente a su duración. Los créditos se expresarán siempre en números enteros.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Universidad de Buenos Aires</p>	<p>Un crédito equivale a una hora semanal de actividad académica efectiva en la facultad durante un cuatrimestre. Por ejemplo, una materia de cuatro créditos equivale a una asistencia semanal a clases de por lo menos cuatro horas durante un cuatrimestre.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Pontificia Universidad Católica de Chile</p>	<p>Un crédito equivale a una carga académica de una hora semanal para el estudiante.</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Universidad de San Carlos de Guatemala</p>	<p>Para fines prácticos, en general, se hace equivaler un crédito académico a un período semanal de clase expositiva durante un semestre o a tres períodos cuando se trata de trabajos prácticos</p>

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A continuación se presenta la tabla XII que es un cuadro resumen de las definiciones de créditos de las universidades comparadas

Tabla XII. Cuadro resumen de las definiciones de créditos

	Clases		Trabajo en casa
	Expositivas	Prácticas	
Universidad de Stanford	Sin información		
Universidad de Cambridge	Sin información		
Universidad Nacional Autónoma de México	X	X	X
Universidad de Buenos Aires	X		
Pontificia Universidad Católica de Chile	X		
Universidad de San Carlos de Guatemala	X	X	

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A partir de la información obtenida en la tabla XI y XII y compararla con la situación actual de la Universidad de San Carlos de Guatemala se tiene que:

1. La Universidad Autónoma de México maneja la definición de créditos según las actividades que requieren o no estudio o trabajo adicional del alumno, por lo que una hora de clase semana-semester corresponde a dos créditos o un crédito respectivamente. En la Universidad de Buenos Aires y en la Pontificia Universidad Católica de Chile un crédito equivale la cantidad de horas semanales de actividad académica efectiva sin tener en cuenta si son clases prácticas o si se requiere trabajo en casa. En la Universidad de San Carlos de Guatemala equivale a períodos semanales de clase, un crédito académico equivale a un período semanal de clase expositiva durante un semestre o a tres períodos cuando se trata de trabajos prácticos, sin tener en cuenta si se requiere trabajo en casa o no.

2. En la Universidad de Cambridge no se presenta la definición de créditos que maneja y, como se verá en el inciso 5.2, no divide sus cursos como obligatorios y optativos por lo que podría establecerse que todos los cursos son obligatorios.

3. La Universidad de Stanford tampoco presenta dentro de su página *web* la definición de créditos que maneja pero, como se muestra en el anexo 1, pág. 85, si presenta el número de créditos por curso.

5.2 Diseño curricular del plan de estudios

En la tabla XIII se presentan los números de cursos y créditos de las universidades comparadas. Este es el resultado del estudio del plan de estudios presentados en el anexo 1 a partir de la página 85 y la descripción de cursos presentados en el anexo 3 a partir de la página 101.

Tabla XIII. Diseño curricular del plan de estudios

Universidad	Número de cursos	Número de créditos	Áreas curriculares
Universidad de Stanford	53	107	Matemática y ciencia, tecnología en sociedad, fundamentos de ingeniería, y especialización de la ingeniería
Universidad de Cambridge	La página web no presenta información sobre el número de cursos	La página web no presenta información sobre el número de créditos	La página web no presenta información sobre áreas del plan de estudios

Universidad Nacional Autónoma de México	60, 46 obligatorios y 14 optativos	405, 339 obligatorios y 66 optativos	La página web no presenta información sobre áreas del plan de estudios
Universidad de Buenos Aires	73, 44 obligatorios y 29 optativos	252, 216 obligatorios y 36 optativos	La página web no presenta información sobre áreas del plan de estudios
Pontificia Universidad Católica de Chile	51	240	La página web no presenta información sobre áreas del plan de estudios
Universidad de San Carlos de Guatemala	65, 49 obligatorios y 16 optativos	256, 203 obligatorios y 53 optativos	Ciencias básicas, ciencias de la ingeniería y cursos profesionales

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A continuación se presenta la tabla XIV que es un cuadro resumen del número de cursos de las universidades comparadas y la tabla XV que es un cuadro resumen del número de créditos.

Tabla XIV. Cuadro resumen del número de cursos

Universidad	Cursos obligatorios	Porcentaje de cursos obligatorios respecto al total de cursos	Cursos optativos	Porcentaje de cursos optativos respecto al total de cursos	Cursos en total
Universidad de Stanford	Sin información	Sin información	Sin información	Sin información	53
Universidad Nacional Autónoma de México	46	77%	14	23%	60
Universidad de Buenos Aires	44	60%	29	40%	73
Pontificia Universidad Católica de Chile	Sin información	Sin información	Sin información	Sin información	51
Promedio	45	69%	22	32%	59
Universidad de San Carlos de Guatemala	49	75%	16	25%	65

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

Tabla XV. Cuadro resumen del número de créditos

Universidad	Créditos de cursos obligatorios	Porcentaje de créditos de cursos obligatorios respecto al total de créditos	Créditos de cursos optativos	Porcentaje de créditos de cursos optativos respecto al total de créditos	Créditos en total
Universidad Nacional Autónoma de México	339	84%	66	16%	405
Universidad de Buenos Aires	216	86%	36	14%	252
Universidad de San Carlos de Guatemala	203	79%	53	21%	256

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A partir de la información obtenida en la tabla XIII, XIV y XV y compararla con la situación actual de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala se tiene que:

1. En promedio, 59 cursos en total es la cantidad de cursos impartidos en Ingeniería Química en las distintas universidades.
2. En promedio, 45 cursos obligatorios en total es la cantidad de cursos impartidos en Ingeniería Química en las distintas universidades, en la Universidad de San Carlos de Guatemala son obligatorios 49 cursos.
3. En las universidades existen en promedio 22 cursos optativos en general, los 16 cursos en la Universidad de San Carlos de Guatemala indican exclusivamente cursos optativos de especialización.
4. Dado que en el inciso 5.1 se determinó que las definiciones de créditos de las universidades son diferentes, no se comparará el número de créditos entre ellas.

5. Solamente en la Universidad de Stanford y la Universidad de San Carlos de Guatemala se tiene división de áreas curriculares, según la información proporcionada por sus páginas web.

5.2.1 Similitud de contenido en los cursos

A continuación se compara la similitud de contenido en los cursos obligatorios de Ingeniería Química de las universidades comparadas.

La tabla XVI muestra una comparación de cursos, cotejando si sus contenidos son iguales o no a los cursos impartidos en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala a partir de la información proporcionada por la descripción de cursos presentados en el anexo 3, a partir de la página 101.

Tabla XVI. Comparación de contenido de cursos obligatorios respecto a la Universidad de San Carlos de Guatemala. Cursos diferentes y cursos iguales

Universidades	Cursos diferentes	Cursos iguales
Universidad de Stanford	La profesión de Ingeniería Química	Equilibrio termodinámico
	Biotecnología	Mecánica de fluidos
	Regulación y política medioambiental	Transporte de masa y energía
	Dueños del desastre	Procesos de separación
	Arte, química y locura	Cinética y diseño de reactores
	Procesos químicos de modelado, dinámica y control	
	Tecnología de procesamientos microelectrónicos	
	Ingeniería bioquímica	

Universidad de Stanford	Ingeniería y ciencia del polímero	
	Diseño de plantas de Ingeniería Química	
	Laboratorio de Ingeniería Química	
	Bioquímica I	
	Bioquímica II	
	Investigación de estudiante en Ingeniería Química	
	Investigación de estudiante con honores en Ingeniería Química	
	Matemáticas aplicadas en las ciencias químicas y biológicas	
	Transporte en microescala en Ingeniería Química	
	Fundamentos y aplicaciones de la espectroscopia	
	Ingeniería bioquímica avanzada	
	Estructura y reactividad de superficies sólidas	
	Simulaciones cuánticas de moléculas y materiales	
	Biología sintética e ingeniería metabólica	
	Fronteras en biociencias interdisciplinarias	
	Superficies e interfaces de polímeros	
	Química del polímero	
Física del polímero		
Universidad de Cambridge	Diseño, instrumentación electrónica y la informática, la gestión y el dibujo, biología cuantitativa, biología de células, geología, evolución & comportamiento, fisiología de organismos, dinámica y análisis del estrés, laboratorio de aplicaciones, procesos y logística empresarial, corrosión y materiales, proyecto de diseño	Matemáticas, mecánica, termodinámica y vibraciones; estructural y mecánica de materiales, física, química, ciencia de los materiales & minerales
	Sostenibilidad en Ingeniería Química	
	Estados de la materia	
	Proyecto de Investigación	

Universidad Nacional Autónoma de México	Ciencia y sociedad	Álgebra superior
	Economía y sociedad	Cálculo I
	Fenómenos de superficie	Física I
	Laboratorio de Ingeniería Química III	Química general I
	Dinámica y control de procesos	Cálculo II
	Laboratorio de Ingeniería Química IV	Física II
	Taller de problemas	Laboratorio de física
		Química general II
		Termodinámica
		Ecuaciones diferenciales
		Equilibrio y cinética
		Química inorgánica I
		Química orgánica I
		Balances de materia y energía
		Estadística
		Química analítica I
		Química orgánica II
		Métodos numéricos
		Termodinámica química
		Transferencia de momentum
		Cinética química y catálisis
		Ingeniería de fluidos
		Laboratorio de Ingeniería Química I
	Ingeniería de reactores I	
	Laboratorio unificado de fisicoquímica I	
	Laboratorio de Ingeniería Química II	
	Transferencia de masa	
Universidad de Buenos Aires	Instrumentación y control de plantas químicas	Termodinámica de los procesos
	Trabajo profesional de la Ing. Química I	Fenómenos de transporte
	Fundamentos de la ingeniería de reservorios	Operaciones unitarias de transferencia de cantidad de movimiento y energía
	Fundamentos de la simulación numérica de reservorios	Diseño de reactores
	Gestión de recursos en la industria de procesos	

Pontificia Universidad Católica de Chile	Diseño mecánico de equipos	Termodinámica
	Matemáticas aplicadas a ingeniería de procesos	Procesos químicos I
	Dinámica y control de procesos	Introducción operaciones unitarias I
	Bioquímica de Alimentos	Introducción operaciones unitarias II
	Procesamiento de alimentos	Laboratorio introducción operaciones unitarias
	Microbiología de alimentos	Operaciones unitarias I
	Diseño de procesos químicos	Operaciones unitarias II
	Modelación y simulación dinámica	Operaciones unitarias III
	Control avanzado de procesos	Laboratorio de Ingeniería Química
	Contaminación atmosférica	Energía I
	Residuos sólidos	
	Diseño estadístico, optimización y análisis multivariado	
	Conversión directa de la energía	
	Biopolímeros	
	Microbiología industrial	
	Ingeniería de bioprocesos	
	Avances en tecnología de alimentos	
	Seminario de postgrado	
	Bioseparaciones	
	Ingeniería de productos e innovación	
Laboratorio de bioprocesos		

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

La tabla XVII muestra una comparación de cursos obligatorios, cotejando si los cursos llamados iguales presentan contenido con diferente enfoque o si los cursos impartidos por las otras universidades son impartidos en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala solamente como temas dentro de otros cursos. Esta comparación se realizó a partir de la información proporcionada por la descripción de cursos presentados en el anexo 3, a partir de la página 101.

Tabla XVII. Comparación de contenido de cursos obligatorios respecto a la Universidad de San Carlos de Guatemala. Cursos iguales con diferentes enfoques y cursos que son sólo temas dentro de otros cursos

Universidades	Cursos iguales con diferentes enfoques	Cursos que son sólo temas dentro de otros cursos
Universidad de Stanford	Introducción a la Ingeniería Química	
	Termodinámica molecular	
	Fluidos complejos y flujos no-Newtonianos	
Universidad de Cambridge		Circuitos eléctricos
		Electromagnetismo
Universidad Nacional Autónoma de México	Trasferencia de energía	Estructura de la materia
	Ingeniería de calor	Electroquímica
	Laboratorio de Ingeniería Química II	Procesos de separación
	Ingeniería económica I	
	Ingeniería económica II	
	Ingeniería ambiental	
	Diseño de procesos	
	Ingeniería de proyectos	
Ingeniería de reactores II		
Universidad de Buenos Aires	Introducción a la Ingeniería Química	
	Operaciones unitarias de transferencia de materia	
	Microbiología Industrial	
Pontificia Universidad Católica de Chile	Diseño de reactores	Fenómenos de transporte
	Tecnología de Alimentos	

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

Con la información proporcionada en la tabla XVI y XVII se realizó el siguiente cuadro resumen presentado en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Cuadro resumen de similitud de contenido en los cursos

Universidad	Cursos diferentes	Cursos iguales	Cursos iguales con diferentes enfoques	Cursos que son sólo temas dentro de otros cursos
Universidad de Stanford	26	5	3	0
Universidad de Cambridge	16	7	0	2
Universidad Nacional Autónoma de México	7	27	9	3
Universidad de Buenos Aires	5	4	3	0
Pontificia Universidad Católica de Chile	21	11	2	1
Promedio	15	11	3	1

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A partir de la información proporcionada por la tabla XVIII se tiene lo siguiente:

1. Por su descripción, los cursos ofrecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala en la carrera de Ingeniería Química tiene mayor similitud con los cursos ofrecidos en la Universidad Nacional Autónoma de México en primer lugar y la Universidad de Buenos Aires, de la misma manera se determina que los cursos ofrecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala son muy diferentes a los impartidos en la Universidad de Stanford, Universidad de Cambridge y la Pontificia Universidad Católica de Chile.

5.3 Perfiles

En la tabla XIX se muestra la síntesis del perfil de ingreso y egreso de la carrera de Ingeniería Química en las universidades comparadas. Este es el resultado del estudio los perfiles presentados en el anexo 4, a partir de la página 207.

Tabla XIX. Perfil de ingreso y egreso

Perfil de ingreso y egreso	
Universidad de Stanford	<p>Perfil de ingreso: proveer una comprensión básica de los principios de la Ingeniería Química junto con resolución de problemas analíticos y habilidades de comunicación. Preparación para cambios y prácticas diversas en un campo cuyo enfoque está constantemente cambiando y cada vez existen más complejas expectativas profesionales y sociales. Preparar estudiantes para el trabajo de graduación con perspectivas a corto y/o largo plazo de investigaciones en las ciencias químicas e Ingeniería Química. Preparación para el servicio formando ciudadanos responsables, empleados y líderes en sus comunidades y en el campo de la ciencia química.</p> <p>Perfil de egreso: competencia y habilidad para aplicar el conocimiento de la ingeniería. Habilidad para diseñar y realizar experimentos tanto como analizar e interpretar resultados. Habilidad para diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan necesidades. Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios. Habilidad para comunicarse eficientemente.</p>
Universidad de Cambridge	<p>La universidad de Cambridge no presenta dentro de su página web el perfil de ingreso y egreso de la carrera de Ingeniería Química.</p>

Perfil de ingreso: el estudiante debe poseer previamente conocimientos sólidos en matemática, física, química e idioma inglés y en habilidades debe tener disposición para el trabajo en equipo, espíritu creativo, capacidad de análisis y síntesis, así como de adaptación a situaciones nuevas.

Perfil de egreso: participar en la concepción, diseño, construcción, operación y administración de plantas de proceso en las que la materia prima se transforme de una manera económica en productos químicos útiles al ser humano, preservando el medio ambiente, buscando el uso óptimo de los recursos energéticos y la seguridad de operarios y pobladores.

El egresado de esta licenciatura en Ingeniería Química debe poseer conocimientos, habilidades y actitudes para:

- Conocimientos: utilizar los principios de las ciencias básicas, conceptos matemáticos y los métodos propios de las ingenierías para resolver problemas científicos y prácticos de complejidad elemental en el ámbito profesional y de carácter multidisciplinario. Comprender la información técnica de su ámbito, disponible en lengua inglesa, y comunicarse satisfactoriamente en forma oral y escrita en este idioma. Mantener una actualización continua de sus conocimientos.
- Habilidades: que le permiten el adecuado desempeño de sus funciones para trabajar en equipo, resolver problemas, aplicar conocimientos ingenieriles de manera creativa, integrar conocimientos, formular modelos, interpretar resultados y comunicar ideas. Comunicar conocimientos, técnicas, métodos y resultados derivados de su propio trabajo en forma oral y escrita, con claridad, orden, limpieza y sencillez. Entender las implicaciones económicas de los procesos industriales de transformación y aplicar los conceptos básicos de economía para analizar y mejorar operaciones o determinar la viabilidad de inversiones integrales o complementarias. Comprender la importancia de la seguridad y la protección al medio ambiente y aplicar los conocimientos de las ciencias básicas y la ingeniería para mitigar los riesgos y emisiones contaminantes.
- Actitudes: comportarse de forma honesta, responsable, solidaria y proactiva. Mostrar actitudes de colaboración para el trabajo de grupo, tanto interdisciplinario como multidisciplinario. Relacionarse e interactuar con los campos de acción profesional de las diferentes disciplinas científicas, de ingeniería, de humanidades y culturales. Asumir el ejercicio profesional con entusiasmo, responsabilidad y un alto sentido ético.

<p style="text-align: center;">Universidad de Buenos Aires</p>	<p>Perfil de ingreso: La universidad de Buenos Aires no presenta dentro de su página web el perfil de ingreso de la carrera de Ingeniería Química.</p> <p>Perfil de egreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un profesional capaz de afrontar el desarrollo integral de proyectos de la industria de procesos, su operación y la asistencia técnica de plantas en las que intervienen transformaciones físicas, químicas y de bioingeniería, interviniendo en las etapas de estudios de factibilidad, diseño, cálculo, construcción, instalación, puesta en marcha y operación de plantas de procesos y de sus servicios complementarios. • Ha sido formado en la metodología del trabajo en equipo y ha asimilado el lenguaje técnico que le permite interactuar con los profesionales de otras ramas de la ingeniería y de otras disciplinas presentes en todo desarrollo industrial. • Su preparación le permite conocer el contexto socio económico, donde aplicará los conocimientos adquiridos de la profesión, apegándose al desarrollo industrial del país y contribuyendo a una mejora del nivel de vida de la sociedad. • Actuará en el marco de la protección del ambiente y podrá participar en la organización y conducción de empresas o grupos de investigación desarrollando su actividad tanto en forma independiente como en relación de dependencia en pequeñas, medianas o grandes empresas y/o centros de investigación.
<p style="text-align: center;">Pontificia Universidad Católica de Chile</p>	<p>La Pontificia Universidad Católica de Chile no presenta dentro de su página web el perfil ingreso y egreso de la carrera de Ingeniería Química.</p>

Universidad de San Carlos de Guatemala	<p>Perfil de ingreso: Conocimiento sólido en matemática, física y lenguaje; pensamiento analítico, sintético, lógico y abstracto; capacidad para resolver problemas con apoyo de la matemática, relacionados con fenómenos físico-químicos; habilidad para la lectura comprensiva, facilidad de expresión oral y escrita; disposición y habilidad para trabajar y estudiar en forma autónoma, disposición para desarrollar sus capacidades de comunicación y autoaprendizaje, disposición para labores prácticas en espacios cerrados o en áreas libres, así como al trabajo en equipo; apertura para el desarrollo de la creatividad, ser observador, perseverante y de carácter firme y visión para servir a la sociedad a través del uso y aplicación de la tecnología.</p> <p>Perfil de egreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conducir investigaciones de problemas complejos de ingeniería por medio de métodos que incluyan los experimentos apropiados, análisis e interpretación de datos. • Diseñar equipos e instalaciones de acuerdo con normas y especificaciones. • Operar las instalaciones y equipos respetando códigos éticos. • Identificar, formular, analizar y resolver problemas complejos de ingeniería. • Analizar, modelar y calcular sistemas con reacción y sin reacción química. • Diseñar y operar sistemas de manipulación y transporte de materiales en cualquiera de sus estados físicos. • Dimensionar y operar sistemas de operaciones unitarias de transferencia de momento, calor y masa. • Promover el uso racional de la energía y de los recursos naturales. • Ejercer el control y seguimiento del mantenimiento predictivo y correctivo de los procesos.
--	--

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A continuación se presenta la tabla XX que es un cuadro resumen del perfil de ingreso y egreso de la carrera de Ingeniería Química en las universidades comparadas.

Tabla XX. Cuadro resumen del perfil de ingreso y egreso

Perfil de ingreso		Perfil de egreso	
Cognoscitivo	Psicomotor	Actitudinal	Cognoscitivo
<p>Comprensión básica de los principios de la Ingeniería</p> <p>Química junto con resolución de problemas analíticos</p>	<p>Habilidades de comunicación</p>	<p>Preparación para cambios y prácticas diversas.</p> <p>Perspectivas a corto y/o largo plazo de investigaciones.</p> <p>Preparar y desarrollar habilidades de los estudiantes, tener conciencia y empezo a convertirlos en ciudadanos responsables, empleados y líderes en sus comunidades y en el campo de la ciencia química.</p>	<p>Competencia y habilidad para aplicar el conocimiento de la ingeniería, matemática a través de ecuaciones diferenciales, probabilidad y estadísticas y ciencia incluyendo física, química y biología.</p> <p>Tener los conocimientos generales necesarios para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social</p>
			<p>Psicomotor</p> <p>Habilidad para diseñar y realizar experimentos tanto como analizar e interpretar resultados.</p> <p>Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería</p> <p>Habilidad para diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan necesidades.</p> <p>Habilidad para usar las técnicas y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la ingeniería</p> <p>Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.</p> <p>Comprensión profesional y responsabilidad ética.</p> <p>Habilidad para comunicarse eficientemente</p>
			<p>Actitudinal</p>

Universidad de Stanford

Universidad de Cambridge	Sin información		Sin información		
Universidad Nacional Autónoma de México	<p>Conocimientos sólidos de matemáticas en las áreas de álgebra, geometría analítica y cálculo diferencial e integral de funciones de una variable. Buenos conocimientos de física, particularmente en lo que respecta a los temas relacionados con mecánica, electricidad y magnetismo, así como buenos conocimientos de química inorgánica y de química orgánica. Conocimientos de inglés, por lo menos a nivel de comprensión de textos y de computación.</p>	<p>Disposición para el trabajo en equipo, espíritu creativo, capacidad de análisis y síntesis, así como de adaptación a situaciones nuevas.</p>	<p>Utilizar los principios de las ciencias básicas, conceptos matemáticos y los métodos propios de las ingenierías para resolver problemas científicos y prácticos de complejidad elemental en el ámbito profesional y de carácter multidisciplinario. Comprender la información técnica de su ámbito, disponible en lengua inglesa y comunicarse satisfactoriamente en forma oral y escrita en este idioma. Mantener una actualización continua de sus conocimientos, mediante la consulta de fuentes de información y asistencia a foros relevantes para la profesión.</p>	<p>Comunicar conocimientos, técnicas, métodos y resultados derivados de su propio trabajo en forma oral y escrita, con claridad, orden, limpieza, sencillez y un uso gramatical correcto en la presentación. Entender las implicaciones económicas de los procesos industriales de transformación y aplicar los conceptos básicos de economía para analizar y mejorar operaciones o determinar la viabilidad de inversiones integrales o complementarias. Comprender la importancia de la seguridad y la protección al medio ambiente y aplicar estos conocimientos</p>	<p>Mostrar actitudes de colaboración para el trabajo de grupo, tanto interdisciplinario como multidisciplinario. Relacionarse e interactuar con los campos de acción profesional de las diferentes disciplinas científicas, de ingeniería, de humanidades y culturales. Asumir el ejercicio profesional con entusiasmo, responsabilidad y un alto sentido ético.</p>

<p>Universidad de Buenos Aires</p>	<p>Sin información</p>	<p>Conocer el contexto socio económico, donde aplicará los conocimientos adquiridos de la profesión, tendiendo al desarrollo industrial del país y contribuyendo a una mejora del nivel de vida de la sociedad.</p>	<p>Capacidad de afrontar el desarrollo integral de proyectos de la industria de procesos, su operación y la asistencia técnica de plantas en las que intervienen transformaciones físicas, químicas y de bioingeniería, interviniendo en las etapas de estudios de factibilidad, diseño, cálculo, construcción, instalación, puesta en marcha y operación de plantas de procesos y de sus servicios complementarios.</p>	<p>Capaz de realizar trabajo en equipo y ha asimilado el lenguaje técnico que le permite interactuar con los profesionales de otras ramas de la ingeniería y de otras disciplinas presentes en todo desarrollo industrial. Actuar en el marco de la protección del ambiente y participar en la organización y conducción de empresas o grupos de investigación desarrollando su actividad tanto en forma independiente como en relación de dependencia en pequeñas, medianas o grandes empresas y/o centros de investigación</p>
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile</p>	<p>Sin información</p>	<p>Sin información</p>	<p>Sin información</p>	<p>Sin información</p>

<p>Universidad de San Carlos de Guatemala</p>	<p>Conocimiento sólido en matemática, física y lenguaje. Capacidad para resolver problemas con apoyo de la matemática, relacionados con fenómenos físico-químicos Ser usuario competente en Windows como de Internet.</p>	<p>Pensamiento analítico, sintético, lógico y abstracto. Facilidad de expresión oral y escrita. Disposición para trabajar y estudiar en forma autónoma. Habilidad para la lectura comprensiva.</p>	<p>Interés en el estudio de las ciencias básicas y en las ciencias de ingeniería aplicada. Disposición para desarrollar sus capacidades de comunicación y autoaprendizaje. Disposición para labores prácticas en espacios cerrados o en áreas libres, así como al trabajo en equipo. Ser observador, perseverante y de carácter firme. Visión para servir a la sociedad a través del uso y aplicación de la tecnología.</p>	<p>Diseñar y operar sistemas de manipulación y transporte de materiales en cualquiera de sus estados físicos. Dimensionar y operar sistemas de operaciones unitarias de transferencia de momento, calor y masa. Establecer la viabilidad económica de un proyecto nuevo o mejora de un proceso existente. Cuantificar el impacto social de los proyectos de ingeniería. Cuantificar las componentes ambientales de los proyectos de ingeniería, ofreciendo soluciones de minimización y tratamiento. Planificar investigación aplicada a resolver problemas</p>	<p>Operar las instalaciones y equipos respetando códigos éticos. Trabajar en equipos multidisciplinarios y multinacionales, así como el trabajar de forma interdependiente. Planificar, ordenar y supervisar el trabajo en equipo. Tomar decisiones y ejercer funciones de liderazgo. Reconocer los avances y evolución de la ciencia y de la ingeniería, reconocer la necesidad de la educación continua y de los sistemas de aseguramiento de la calidad en la educación superior. Promover el uso racional de la energía y de los recursos naturales.</p>
---	--	---	--	--	---

Con base a la información mostrada en la tabla XIX y XX puede determinarse que:

1. Los perfiles de ingreso y egreso se basan en conocimientos, habilidades y actitudes que deben poseer los estudiantes.
2. Según la tabla XIX, la Universidad de Stanford plantea sus objetivos en el perfil de ingreso y los resultados esperados en el perfil de egreso y la Universidad Nacional Autónoma de México plantea el perfil del egresado dividiéndolo en conocimientos, habilidades y actitudes que deberá poseer. La Universidad de Buenos Aires solamente presenta el perfil del graduado en una forma general. La Universidad de San Carlos presenta un perfil de ingreso y un perfil de egreso en base a competencias transversales y competencias específicas.
3. El perfil de ingreso de la Universidad de Stanford y la Universidad Nacional Autónoma de México se parecen al perfil de ingreso de la Universidad de San Carlos de Guatemala en cuanto que requieren conocimientos sólidos en matemática y física, habilidades de comunicación, actitud de cambio y visión para servir a la sociedad.
4. El perfil de ingreso de la Universidad de Stanford y la Universidad Nacional Autónoma de México difiere del perfil de ingreso de la Universidad de San Carlos de Guatemala en cuanto que requieren conocimientos previos de química e idioma inglés. A su vez, el perfil de ingreso de la USAC difiere de ellas porque determina que requiere actitud de autoaprendizaje, disposición para labores prácticas en espacios cerrados o en áreas libres, ser observador, perseverante y de carácter firme.

5. El perfil de egreso de la Universidad de Stanford, la Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad de Buenos Aires se parecen al perfil de egreso de la carrera de Ingeniería Química de Universidad de San Carlos de Guatemala en que el egresado debe aplicar los conocimientos adquiridos para resolver problemas científicos y prácticos en el ámbito profesional comprendiendo y cuantificando el impacto social y ambiental, también debe ejercer liderazgo y ser capaz de trabajar independientemente, en equipos multidisciplinarios y multinacionales.
6. El perfil de egreso de la Universidad de Stanford, la Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad de Buenos Aires difiere del perfil de egreso de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala en cuanto que establecen que el egresado debe comunicar conocimientos, técnicas, métodos y resultados derivados de su propio trabajo en forma oral y escrita, con claridad, orden, limpieza, sencillez y un uso gramatical correcto en la presentación.

5.4 Departamento de investigaciones

La tabla XXI muestra la descripción del departamento de investigaciones de las universidades comparadas. Este es el resultado del estudio de la descripción de los departamentos de investigaciones presentados en el anexo 5, a partir de la página 215.

Tabla XXI. Descripción del departamento de investigaciones

Departamento de investigaciones	
Universidad de Stanford	<p>Los intereses de investigación en el Departamento de Ingeniería Química es cubrir una amplia gama de temas relacionados con la química, bioquímica y de ingeniería de procesos.</p> <p>Las actividades de investigación son actualmente aprobadas en los siguientes campos: mecanismos estadísticos aplicados, biocatálisis, bioingeniería, ciencia de los coloides, ciencia de materiales, materiales electrónicos, estabilidad hidrodinámica, cinética y catálisis, mecánica de fluidos Newtonianos y no-Newtonianos, ciencia de los polímeros, reo-óptica de sistemas de polímeros y ciencia de superficie e interface.</p>
Universidad de Cambridge	<p>El personal académico en el Departamento de Ingeniería Química trabajan en los siguientes temas de investigación: modelización (modelos matemáticos), técnicas de medición (desarrollo de nuevas capacidades de medición), microestructuras (comprensión de microestructuras de un material para adaptar las propiedades finales del material y su idoneidad para una aplicación en particular) y procesos.</p>
Universidad Nacional Autónoma de México	<p>A través del tiempo la Facultad de Química ha construido una infraestructura humana y de equipos para la investigación que la han colocado como una de las instituciones más sólidas de la química en México. Este enorme potencial la coloca en la posición de ofrecer a los sectores privado y público servicios analíticos de investigación y de desarrollo de tecnología, fundamentales en el área de la salud, de la industria alimentaria y farmacéutica, así como petrolera y minera, derivado de la vasta experiencia acumulada por sus investigadores y por su personal técnico y de servicio.</p> <p>Una característica relevante de los académicos de la facultad es su compromiso con labores docentes y de tutoría, a niveles de licenciatura y de postgrado, por lo que docencia e investigación van de la mano. El fin último es realizar investigación de vanguardia mediante la formación de recursos humanos de alto nivel.</p>

<p style="text-align: center;">Universidad de Buenos Aires</p>	<p>En el departamento de Investigación y desarrollo se cuenta con los siguientes laboratorios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de ingeniería de reservorios • Laboratorio de microbiología industrial - biotecnología • Laboratorio de microbiología industrial - tecnología de alimentos • Laboratorio de procesos catalíticos • Proyecto de investigación: Modelización y control automático de sistemas
<p style="text-align: center;">Pontificia Universidad Católica de Chile</p>	<p>Laboratorios de investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de extracción de productos de alto valor agregado. Cuenta con laboratorios especializados: laboratorio de micro-filtración y laboratorio de extracción subcrítica. • Laboratorio de Química y Bioprocesos. Cuenta con equipos de análisis de saponinas y equipos de extracción de aceites y conversión en biodiesel. • Laboratorio de Biotecnología. En él se lleva a cabo investigación científica aplicada a la creación de innovación y valor para la industria vitivinícola. Para ello, se emplean herramientas de diversas áreas tales como Ingeniería de procesos, Microbiología, Bioquímica, Biología Molecular y Biología de sistemas. • Laboratorio procesos de remediación ambiental. Su objetivo fundamental se centra en proporcionar a la comunidad y al mundo empresarial nacional e internacional el conocimiento, estrategias y tecnologías necesarias para alcanzar un desarrollo sostenible.
<p style="text-align: center;">Universidad de San Carlos de Guatemala</p>	<p>Los Programas Universitarios de Investigación (PUI) forman parte del subsistema operativo y constituyen la estrategia a través de la cual se organiza la investigación en la Universidad, para abordar los principales problemas de la sociedad guatemalteca con enfoque integral. Los once Programas Universitarios de Investigación son: Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en salud, en recursos naturales y ambiente, en alimentación y nutrición, en cultura, pensamiento e identidad de la sociedad guatemalteca, en educación, en desarrollo industrial, en asentamientos humanos, en historia de Guatemala, en estudios para la paz, en estudios de coyuntura económica, social y política y en estudios de género. De estos once PUI, cuatro son aplicables a la Ingeniería Química: Programa Universitario de Investigación en Desarrollo industrial, en Educación, en Recursos Naturales y Ambiente y en Alimentación y Nutrición</p>

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A partir de la información mostrada en la tabla XXI puede determinarse que:

1. El departamento de investigaciones de todas las universidades analizadas presentan líneas de investigación definidas.
2. La carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala no cuenta con un departamento de investigación sino un área de investigación, es decir, una dirección general.
3. La Universidad Nacional Autónoma de México pone en evidencia la vinculación de la docencia y la investigación en forma explícita, mientras que el resto de universidades no lo publica de esta manera en su página web.
4. La carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala debe publicar en su página web sus líneas de investigación para que sean del conocimiento de los estudiantes, los potenciales estudiantes de Ingeniería Química y la comunidad en general.

5.5 Tiempo teórico establecido para cerrar plan de estudios

La tabla XXII presenta el tiempo teórico establecido para cerrar el plan de estudios de las universidades comparadas. Este es el resultado del estudio de la información presentada en el anexo 6, a partir de la página 223.

Tabla XXII. Tiempo teórico establecido para cerrar el plan de estudios

	Tiempo teórico establecido para cerrar plan de estudios
Universidad de Stanford	Hay varias secuencias de cursos de 4 años para graduarse de Ingeniería Química. Si bien cada secuencia empieza en un diferente nivel basado en la previa preparación de los estudiantes, todos completan el grado en el mismo nivel.
Universidad de Cambridge	Cambridge ofrece: <ul style="list-style-type: none"> • 3 años de cursos universitarios para obtener el título de Bachiller en artes • 4 años de cursos universitarios para obtener el título de bachiller en artes y maestría en ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México	La duración de la carrera es de 9 semestres, aproximadamente 4.5 años
Universidad de Buenos Aires	Las carreras de Ingeniería tienen una duración de 6 años. El año lectivo está dividido en 2 cuatrimestres de 23 semanas de actividad académica cada uno y un periodo de receso.
Pontificia Universidad Católica de Chile	La Pontificia Universidad Católica de Chile no presenta dentro de su página web información sobre el tiempo establecido para cerrar el plan de estudios
Universidad de San Carlos de Guatemala	El plan de estudios consta de 10 semestres, por lo cual el tiempo establecido para cerrarlo es de 5 años.

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A partir de la información proporcionada por la tabla XXII se determina lo siguiente:

1. El plan de estudios de la Universidad de Stanford y la Universidad de Cambridge está diseñado para que sea cerrado en un tiempo no mayor de 4 años.
2. La Universidad de Cambridge ofrece el grado de Bachiller en artes al culminar los tres primeros años de estudio y el grado de Bachiller en artes y maestría en ingeniería al culminar el cuarto año.
3. En la Universidad de Buenos Aires las carreras de ingeniería tienen una duración de 6 años porque el año lectivo está dividido en 2 cuatrimestres de 23 semanas de actividad académica cada uno y un período de receso.

5.6 Formas de graduación

La tabla XXIII presenta las formas de graduación de las universidades comparadas. Este es el resultado del estudio de las formas de graduación presentadas en el anexo 7, a partir de la página 225.

Tabla XXIII. Formas de graduación

Formas de graduación	
Universidad de Stanford	<p>El grado de ingeniero es concedido después de tener un punteo promedio total de 3.0 y completar un mínimo de 107 créditos, incluyendo la investigación y 45 créditos de cursos de conferencias requeridos para el grado de ingeniero.</p> <p>Todos los candidatos requieren tener reuniones periódicas con su comité de lectura para mantener el enfoque y la guía de su proyecto de tesis. La tesis debe ser presentada en una parte sustancial de investigación equivalente a nueve meses de esfuerzo de tiempo completo y debe ser aprobada por el comité de lectura.</p>

<p>Universidad de Cambridge</p>	<p>Los alumnos que superen el tercer año tienen derecho a salir de la universidad con el grado de Bachiller en artes y los que superen el cuarto año tienen derecho al grado de bachiller en artes y maestría en ingeniería.</p> <p>No se debe realizar algún tipo de trabajo de graduación.</p>
<p>Universidad Nacional Autónoma de México</p>	<p>Haber obtenido el 100% de los créditos y haber aprobado todas las asignaturas del plan de estudios más los requisitos estipulados por la legislación universitaria, presentar la constancia de haber realizado el servicio social y aprobar el examen de lectura técnica en inglés.</p> <p>También se debe aprobar el examen profesional que comprenderá una prueba escrita y una oral. Las opciones para la prueba escrita son las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tesis experimental o teórica y réplica oral. 2. Trabajo monográfico de actualización y réplica oral. 3. Informe de la práctica profesional y réplica oral.
<p>Universidad de Buenos Aires</p>	<p>El ciclo superior de cada carrera de Ingeniería, culmina con un trabajo de investigación o desarrollo original e individual del estudiante, que permita una evaluación global antes de su egreso denominado Tesis de Ingeniería. La Tesis podrá ser parte integrante de un desarrollo en equipo de su misma especialidad o multidisciplinario y se lleva a cabo normalmente en los dos últimos cuatrimestres de la carrera. Los estudiantes que así lo deseen pueden reemplazar la Tesis de Ingeniería por la asignatura Trabajo Profesional y un número de asignaturas electivas cuyos créditos sumados sean iguales a los asignados para la Tesis.</p>
<p>Pontificia Universidad Católica de Chile</p>	<p>La Pontificia Universidad Católica de Chile no presenta dentro de su página web información sobre las formas de graduación.</p>

Universidad de San Carlos de Guatemala	<p>Existen dos opciones para obtener el grado de licenciado(a) con título en Ingeniería Química: una opción es realizar un trabajo de graduación y el examen técnico profesional y la segunda opción es realizar el ejercicio profesional supervisado final (EPS), éste a su vez presenta tres modalidades, una de las modalidades es realizar el ejercicio profesional supervisado de graduación (EPS final) con una duración de 6 meses, la segunda modalidad es realizar un EPS final de 3 meses con el examen técnico profesional no aprobado y la tercera modalidad es realizar un EPS final de tres meses con examen técnico profesional aprobado.</p> <p>Antes de ello debe realizarse una práctica inicial, intermedia y final (empresarial, en instituciones de educación superior o social), tener aprobados los 256 créditos obligatorios y tener acreditado el conocimiento en idioma inglés habiendo aprobado los cursos de idioma técnico 1, 2, 3 y 4, tener constancia de haber aprobado el nivel 12 de idioma inglés en CALUSAC o haber aprobado el examen único de inglés.</p>
--	---

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A continuación se presenta la tabla XXIV que es un cuadro resumen de las formas de graduación de las universidades comparadas.

Tabla XXIV. Cuadro resumen de las formas de graduación

	Tesis, investigación o trabajo de graduación		Práctica, trabajo profesional o EPS final		Examen profesional o Examen privado
	Informe escrito	Réplica oral	Informe escrito	Réplica oral	
Universidad de Stanford	X				
Universidad de Cambridge	No se debe realizar algún tipo de trabajo de graduación.				
Universidad Nacional Autónoma de México	X	X	X	X	X
Universidad de Buenos Aires	X		X		
Pontificia Universidad Católica de Chile	Sin información				
Universidad de San Carlos de Guatemala	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

En base a la información mostrada en la tabla XXIII y XXIV puede determinarse lo siguiente:

1. Solamente en la Universidad de Cambridge no se debe realizar algún tipo de trabajo de graduación para obtener el grado, solamente aprobar los cursos obligatorios.
2. Únicamente en la Universidad Nacional Autónoma de México uno de los requisitos es realizar servicio social.
3. Únicamente en la Universidad de Buenos Aires la tesis puede ser parte integrante de un desarrollo en equipo de su misma especialidad o multidisciplinario y llevarse a cabo normalmente en los dos últimos cuatrimestres de la carrera.
4. En la Universidad de Stanford, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad de Buenos Aires y la Universidad de San Carlos de Guatemala se presenta la opción de realizar un informe escrito de tesis, solamente en la UNAM y la carrera de Ingeniería Química de la USAC debe realizarse una réplica oral de ésta.
5. En la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad de Buenos Aires y la Universidad de San Carlos de Guatemala puede realizarse una práctica o trabajo profesional, solamente en la UNAM y la carrera de Ingeniería Química de la USAC debe realizarse una réplica oral de ésta.
6. Solamente en la Universidad Nacional Autónoma de México y la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala presentan la opción de presentar examen profesional o examen privado.

5.7 Postgrados ofrecidos

La tabla XXV presenta los postgrados ofrecidos por las universidades comparadas. Este es el resultado del estudio de la información presentada en el anexo 8, a partir de la página 229.

Tabla XXV. Postgrados ofrecidos

	Postgrados ofrecidos
Universidad de Stanford	<p>El programa de maestría en ciencia está disponible para estudiantes que desean obtener preparación académica adicional después de recibir su grado de licenciado en ingeniería. Este grado no es un prerrequisito ni es un paso directo para programa de doctorado. Para otorgar un grado en maestría en ciencias, no es requerida una tesis formal.</p> <p>El programa de doctorado en Ingeniería Química está disponible estudiantes que desean profundizar sus conocimientos más allá de su educación universitaria. La meta del programa es crear nuevos conocimientos a través de la investigación y realzar el desarrollo de la creatividad de cada estudiante, criterio, confianza en sí mismo e independencia científica. Es necesario realizar una disertación basada en una investigación exitosa de un problema fundamental en Ingeniería Química al finalizar el quinto año de estudio. El examen es una defensa de la disertación y es en la forma de un seminario público seguido por un examen privado.</p> <p>También se ofrece un programa de Ph. D. menor.</p>
Universidad de Cambridge	<p>Los títulos de postgrado que se ofrecen son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maestría en filosofía avanzada de Ingeniería Química. • Doctorado en filosofía por la investigación <p>La ingesta se compondrá principalmente de los estudiantes con un grado con honores en Ingeniería Química, con alto nivel de compromiso y diligencia.</p>

<p style="text-align: center;">Universidad Nacional Autónoma de México</p>	<p>Actualmente la Facultad de Química participa en siete programas de postgrado y es sede de la especialización en bioquímica clínica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maestría y doctorado en Ciencias Químicas • Maestría y doctorado en Ciencias Bioquímicas • Maestría y doctorado en Ingeniería Química • Maestría en administración (Industrial) • Maestría en docencia para la educación media superior • Maestría y doctorado en ciencia e ingeniería de materiales • Maestría y doctorado en ciencias del mar y limnología • Especialización en bioquímica clínica <p>Los estudios de maestría en ingeniería proporcionarán al alumno una formación amplia y sólida en los campos del conocimiento que comprende el programa. La duración es de 2 años.</p> <p>El objetivo de los estudios de doctorado es el de preparar al alumno para la realización de investigación original en el campo disciplinario del programa de su interés. El tiempo máximo previsto para realizar el plan de estudios de doctorado es de 4.5 años para alumnos provenientes del nivel licenciatura y 3 años para aquellos provenientes de maestría.</p>
<p style="text-align: center;">Universidad de Buenos Aires</p>	<p>La Universidad de Buenos Aires no presenta dentro de su página web información sobre los postgrados ofrecidos en Ingeniería Química.</p>
<p style="text-align: center;">Pontificia Universidad Católica de Chile</p>	<p>El objetivo del programa de Maestría en ciencias de la ingeniería es proporcionar al estudiante conocimientos avanzados en un área de las ciencias de la ingeniería, mediante el desarrollo de un tema de investigación y la aprobación de un conjunto complementario de cursos de especialización. La duración de los estudios se estima de 1.5 años, aunque reglamentariamente la permanencia mínima en el programa es sólo de un año. Este programa contempla la realización de 180 créditos, divididos en 70 créditos de tesis de maestría, la cual es producto de una investigación original del estudiante y 110 créditos correspondientes a cursos complementarios para la realización de la investigación. La aprobación de la tesis de maestría puede reemplazar al examen de grado de la carrera de nivel licenciatura.</p> <p>El objetivo del programa de Doctorado en ciencias de la ingeniería es proporcionar al estudiante los conocimientos más avanzados en una especialidad de la ingeniería, a través de un programa sistemático de cursos y de la realización de una investigación original conducente a la tesis doctoral. Este aporte requiere necesariamente de un buen dominio del idioma inglés. La duración de los estudios se estima de 3.5 años con dedicación de tiempo completo, aunque reglamentariamente la permanencia mínima es de 2.5 años. Sin embargo, quienes hayan obtenido el grado de maestría en esta universidad requerirán una estadía mínima de 2 años. Este programa contempla la realización de 350</p>

	créditos divididos en 200 créditos de tesis de Doctorado, la cual debe corresponder a una investigación original y significar una contribución al estado del arte en la disciplina, y 150 créditos correspondientes a cursos complementarios para el desarrollo de la investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala	Actualmente la Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con diez maestrías dirigidas a la Facultad de Ingeniería, de estos postgrados los egresados de la carrera de Ingeniería Química pueden optar a tres maestrías, siendo éstas en Gestión Industrial, Energía y ambiente y Ciencia y tecnología del medio ambiente. También puede optar al postgrado de especialización en investigación científica.

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en la web

A partir de la información mostrada en la tabla XXV puede determinarse lo siguiente:

1. Todas las universidades analizadas, a excepción de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, poseen opciones a maestrías y doctorados específicamente para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Química. La Universidad de Buenos Aires no presenta dentro de su página web información sobre los postgrados ofrecidos en Ingeniería Química.
2. El objetivo de los programas de maestrías es proporcionar al estudiante conocimientos avanzados en un área de las ciencias de la ingeniería y el objetivo de los estudios de doctorado es crear nuevos conocimientos a través de la investigación.
3. Los postgrados ofrecidos son principalmente maestrías en ciencias de la ingeniería y en filosofía avanzada de Ingeniería Química y doctorados en Ingeniería Química y en filosofía por la investigación. También se presentan maestrías y doctorados en ciencias químicas, ciencias

bioquímicas, administración, en ciencia e ingeniería de materiales y en ciencias del mar y limnología, además de maestrías en docencia para la educación media superior y especialización en bioquímica clínica.

4. El tiempo de duración de las maestrías varía de 1 a 2 años y el tiempo de duración de los doctorados varía de 2.5 a 4.5 años para los estudiantes provenientes del nivel licenciatura y de 2 a 3 años para los estudiantes provenientes de maestrías.
5. En la Pontificia Universidad Católica de Chile se tiene la opción de la aprobación de la tesis de maestría como sustituto del examen de grado de la carrera de nivel licenciatura.

6. MEDICIÓN DE LA BRECHA EXISTENTE

De acuerdo con los ocho pasos del proceso de benchmarking, el quinto paso a desarrollar es determinar la brecha de desempeño actual midiendo la diferencia entre las variables y factores de la institución que realiza el estudio y las instituciones analizadas, por lo que a continuación se detallan los puntos fuertes y puntos débiles hallados en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala respecto a las universidades analizadas.

6.1 Puntos fuertes y puntos débiles de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala

A partir de la información recopilada por el benchmarking secundario estratégico de la sección 5, de la página 33 a la página 66, se identificaron los puntos fuertes y puntos débiles de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, además esta información fue utilizada como herramienta para establecer un plan de acción en la sección 7, página 71.

6.1.1 Puntos fuertes

1. La carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala ofrece la opción de un diplomado en administración mediante la aprobación de cursos determinados. Las demás universidades comparadas no ofrecen este tipo de diplomados.
2. Por su descripción, según lo referido en la pág. 39, los cursos ofrecidos en la carrera de Ingeniería Química de la USAC tienen gran similitud con los cursos ofrecidos en la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Católica de Chile que tienen una posición relativa a nivel mundial (en el año 2009) de 44 y 633 respectivamente, lo que se considera favorable ya que la USAC se encuentra en la posición 1351 en la misma escala.
3. El perfil de ingreso de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala requiere que el estudiante posea actitud de autoaprendizaje, sea observador, perseverante y de carácter firme, como se muestra en la página 48, las demás universidades no tienen estos requisitos en su perfil de ingreso.
4. La carrera de Ingeniería Química en la USAC no cuenta con un departamento de investigación sino un área de investigación, es decir, una dirección general, como se describe en la página 11 y 56. Esto proporciona al estudiante una amplia gama de programas disponibles para desarrollar investigaciones.
5. La carrera de Ingeniería Química en la USAC ofrece mayor cantidad de opciones y modalidades para obtener el grado de licenciado(a) con título

en Ingeniería Química. Una opción es realizar un trabajo de graduación y el examen técnico profesional y la segunda opción es realizar el ejercicio profesional supervisado final (EPS), éste a su vez presenta tres modalidades, una de las modalidades es realizar el ejercicio profesional supervisado de graduación (EPS final) con una duración de 6 meses, la segunda modalidad es realizar un EPS final de 3 meses con el examen técnico profesional no aprobado y la tercera modalidad es realizar un EPS final de tres meses con examen técnico profesional aprobado. Estas opciones y modalidades se presentan descritas en las páginas 15 y 61.

6.1.2 Puntos débiles

1. La Pontificia Universidad Católica de Chile ofrece especializaciones en biotecnología, alimentos y en medio ambiente mediante cursos afines específicos y el desarrollo de una tesis en alguna de las líneas como se describe en la página 150, esto ofrece al mercado ingenieros químicos especializados en su área aportándoles valor agregado y competitividad. En la carrera de Ingeniería Química de la USAC no existen especializaciones a nivel de pregrado.
2. La facultad de ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con diez maestrías, como se presenta en la página 65, de ellas los egresados de la carrera de Ingeniería Química pueden optar a tres maestrías, siendo éstas en Gestión industrial, Energía y ambiente y Ciencia y tecnología del medio ambiente, también puede optar al postgrado de especialización en investigación científica. Todas las universidades analizadas, a excepción de la USAC, poseen opciones a maestrías y doctorados específicamente para los estudiantes de la carrera

de Ingeniería Química. La Universidad de Buenos Aires no presenta dentro de su página web información sobre los postgrados ofrecidos en Ingeniería Química.

Al comparar a la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala con las universidades líderes en su ramo: Universidad de Stanford, Universidad de Cambridge, la Universidad Autónoma Nacional de México, la Universidad de Buenos Aires y la Pontificia Universidad Católica de Chile, y estudiar los puntos fuertes y débiles presentados, se establece que existe una brecha negativa, es decir, que las prácticas externas son mejores, referentes a que cuentan con especializaciones a nivel de pregrado y con estudios de postgrados especializados para la carrera de Ingeniería Química.

Existe también brecha cero o paridad en el perfil de ingreso y egreso, el tiempo para cerrar el plan de estudios y las formas de graduación pues aunque existen diferencias, éstas no son significativas.

7. DESARROLLO DEL PLAN DE ACCIÓN

De acuerdo con los ocho pasos del proceso de benchmarking, el sexto paso a realizar es desarrollar el plan para igualar y superar las variables y factores estudiados, por lo que a continuación se presentan el plan de acción para corregir los puntos débiles identificados en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Las propuestas de mejora del plan de acción, tabla XXVI, toman en cuenta las sugerencias para el mejoramiento del programa de Ingeniería Química, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, las cuales son un aporte del ACAAI sobre los aspectos que se deben enfatizar para el mejoramiento continuo del programa acreditado. A continuación se presentan las sugerencias del ACAAI:

1. Actualizar los estudios del entorno, con participación de estudiantes y egresados, y considerar los resultados de tales estudios en la revisión curricular.
2. Mejorar los mecanismos para supervisar de forma sistemática, la extensión universitaria.
3. Fomentar actividades del Ejercicio Profesional Supervisado hacia sectores de escasos recursos o instituciones de desarrollo comunal.
4. Reglamentar las actividades que promueven la vinculación del personal académico con el sector productivo y empleadores en general.
5. Fomentar el uso de tecnologías educativas, innovación pedagógica y nuevas tendencias de la Ingeniería Química.

Las propuestas de mejora del plan de acción también toman en cuenta el Plan Estratégico USAC-2022, el cual propone la formación de futuros profesionales dentro de un contexto altamente competitivo y de globalización con vocación de servicio hacia la sociedad y establece los lineamientos estratégicos para alcanzarlo en una perspectiva temporal de 20 años.

Las líneas estratégicas con las que se fundamenta el plan de acción de la tabla XXVI son las siguientes:

A.0.2 Estudios de mercado para los programas académicos y productos universitarios. Cada unidad académica deberá emprender la realización de estudios de pertinencia de toda su oferta de productos universitarios que incluye: programas académicos, egresados, investigación y trabajos de extensión y servicios universitarios. Así también de la demanda de productos universitarios que requiere la sociedad guatemalteca y que la USAC no los ofrece.

A.0.4 Vinculación de las actividades de investigación, docencia y extensión en las unidades académicas de la USAC. Bajo la conducción del señor Rector y los Directores Generales de la administración central, se generaran las políticas y programas que tiendan a la fomentar la realización de actividades conjuntas que vinculen la investigación, la docencia y la extensión.

A.1.1 Encauzamiento de la investigación dentro de los programas universitarios de investigación existentes. Los institutos y centros de investigación deberán elaborar líneas de investigación en concordancia con los lineamientos del ente rector de la investigación en la USAC

A.2.1 Fortalecimiento permanente de los sistemas de estudios en todos sus niveles. La Dirección General de Docencia en conjunto con las unidades académicas y la División de Administración de personal, promoverá la evaluación, de los diferentes programas de pregrado, grado y postgrado de

cada unidad académica, con el fin de determinar su problemática y de esta manera promover los correctivos que sean pertinentes para mantener un alto nivel académico en los mismos.

C.1.4 Dotación de infraestructura y equipo necesario para el desarrollo de la investigación universitaria. La Dirección General de Investigación deberá elaborar una programación de largo plazo de las necesidades de infraestructura y equipo necesarios para el desarrollo de la investigación de todas las unidades académicas, en el cual se incluya la actualización de la tecnología.

Tabla XXVI. Plan de acción propuesto

Propuesta de mejora	Tareas	Tiempos (inicio-final)	Recursos necesarios	Financiación	Indicadores
1. Realizar un estudio de mercado	a) Solicitar al Colegio de Ingenieros Químicos de Guatemala la realización de un estudio de mercado laboral para investigar los conocimientos que son indispensables que tenga un ingeniero químico en el área laboral	a) enero 2009-enero 2010	Empresa consultora, equipo de computo, internet, reproducción de material, hojas de papel bond, tinta para impresora, transporte, teléfono, oficina equipada, pensum de estudios y resultados de los estudios de mercado	a) Q.25,000	a) Informe de mercado laboral
	b) Realizar un diagnóstico interno del mercado laboral	b) enero - noviembre 2009		b) Q. 5,000	b) Avances de acuerdo al cronograma de actividades planteado
	c) En base a los resultados de los estudios de mercado determinar la orientación que deben tener los cursos obligatorios y optativos y si existen cursos profesionales que deben ser obligatorios o si es necesario la creación de nuevos cursos para cubrir las necesidades del mercado. (Cumple sugerencia 1 y línea estratégica A.0.2)	c) enero 2010 - noviembre 2011		c) Q. 10,000	c) Pensum de estudio actualizado

<p>2. Crear un curso integrador de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera</p>	<p>a) Determinación de la ubicación del curso en el pensum, obligatoriedad, duración y número de créditos asignados b) Elaboración de material didáctico para la resolución de problemas que relacionen diseño conceptual y de proceso, legislación, ecología, seguridad industrial, etc., y elaboración del programa del curso c) Asignación de catedrático para el curso d) Solicitud de aprobación de Junta Directiva e) Implementación en la Escuela. (Cumple sugerencia 1)</p>	<p>a) enero - marzo 2010 b) abril - agosto 2010 c) septiembre - noviembre 2010 d) noviembre 2010 e) a partir de enero 2011</p>	<p>Pensum de estudio, equipo de cómputo, bibliografía relacionada, equipo de computo e internet</p>	<p>a) Q. 200 b) Q. 500 c) De acuerdo a la titularidad del catedrático</p>	<p>a) Asignación de curso en el pensum de estudio b) Programa del curso c) Asignación oficial del catedrático d) Punto resolutivo e) Asignación del curso</p>
<p>3. Establecer líneas de investigación específicas para la carrera de Ingeniería Química</p>	<p>a) Establecer líneas de investigación definidas en temas relacionados con la química, bioquímica, protección ambiental, ingeniería de procesos y alimentos y vincularlas con la docencia b) Creación de un programa de investigación específico de la carrera de Ingeniería Química c) Creación y/o actualización de laboratorios d) Solicitud de aprobación de Junta Directiva e) Implementación en la Escuela. (Cumple sugerencia 1 y líneas estratégicas A.0.4, A.1.1 y C.1.4)</p>	<p>a) enero - noviembre 2010 b) enero - noviembre 2011 c) junio 2011 - julio 2012 d) agosto 2012 e) A partir de enero 2013</p>	<p>Equipo de cómputo, resultados de los estudios de mercado, pizarrón, marcadores no permanentes, instalaciones adecuadas, reproducción de material y mobiliario</p>	<p>a) Q. 500 b) Q. 2,000 c) Q. 30,000</p>	<p>a) Documento que establece las líneas de investigación para Ingeniería Química b) Existencia de un programa de investigación con infraestructura apropiada c) Creación y/o actualización de laboratorios d) Punto resolutivo e) Líneas de investigación establecidas e implementadas</p>

4. Fortalecer los servicios sociales y convertirlos en un requisito para la titulación	a) Fortalecer los programas de servicios sociales b) Establecer el servicio social como requisito para la titulación c) Solicitud de aprobación de Junta Directiva d) Implementación en la Escuela. (Cumple sugerencia 3)	a) enero-noviembre 2010 b) enero - abril 2011 c) mayo 2011 d) A partir de enero 2012	Equipo de cómputo, internet, periódicos nacionales, reproducción de material.	Q. 2,000	a) Incremento en servicios sociales prestados por la Escuela b) Elaboración de propuesta c) Punto resolutivo d) Asignación obligatoria
5. Otorgar títulos de especialización	a) Ofrecer títulos de especializaciones sobre temas determinados como biotecnología, medio ambiente y alimentos mediante la aprobación de cursos afines definidos y el desarrollo de una tesis en alguna de las líneas previamente acordadas según la especialización escogida b) Solicitud de aprobación de Junta Directiva c) Implementación en la Escuela. (Cumple sugerencias 1 y 5 y línea estratégica A.2.1)	a) enero – octubre 2010 b) noviembre 2010 c) A partir de enero 2011	a) Resultado de los estudios de mercado, pensum, equipo de cómputo, internet, recurso humano	Q. 2,000	a) Determinación de las especializaciones a ofrecer b) Punto resolutivo c) Asignaciones en las especializaciones ofrecidas

6. Creación de maestrías y doctorados específicos para ingenieros químicos	a) Establecer programas de maestrías y doctorados relacionados con ciencias químicas, ciencias bioquímicas, administración, en ciencia e ingeniería de materiales y en ciencias de la ingeniería o en docencia para la educación media superior	a) enero-noviembre 2010	a) y b) Resultados de los estudios de mercado, equipo de cómputo e internet	a) Q. 2,000.00	a) y b) Programas de maestrías y doctorados
	b) Establecer tiempo duración de los programas para estudiantes provenientes del nivel licenciatura y para los estudiantes provenientes de maestrías.	b) enero - marzo 2011		b) Q. 500.00	
	c) Determinación de los salones, horarios de los cursos y catedráticos	c) abril 2011 - octubre 2012	c) Infraestructura, recurso humano, recurso	c) De acuerdo a la titularidad del catedrático	c) Puesta en marcha de las maestrías y doctorados
	d) Solicitud de aprobación de Junta Directiva	d) noviembre 2012	financieros, mobiliario y equipo.		d) Punto resolutivo
	e) Implementación en la Escuela. (Cumple sugerencias 1 y 5 y línea estratégica A.2.1)	e) A partir de enero 2013			e) Asignación de maestría(s) y doctorado(s)

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en el capítulo 5

El séptimo paso en el proceso de benchmarking es la obtención el compromiso de la dirección y de los subordinados mediante la comunicación de los resultados a todos los niveles de la institución para obtener respaldo y compromiso para llevar a cabo el plan de acción. El octavo paso en el proceso es poner en práctica el plan de acción y dar seguimiento supervisando los resultados.

Realizando los dos últimos pasos del estudio se puede lograr una mejora continua, elevar la calidad educativa de la carrera de Ingeniería Química y dar ventajas competitivas a sus egresados.

CONCLUSIONES

1. Las seis variables comparadas en el estudio de benchmarking fueron: diseño curricular del plan de estudios, perfiles, departamento de investigaciones, tiempo establecido para cerrar plan de estudios, formas de graduación y postgrados ofrecidos.
2. Las universidades seleccionadas fueron las mejores universidades que imparten la carrera de Ingeniería Química elegidas por la posición del ranking que ocupan, sus diferentes ubicaciones geográficas y que describen la mayoría de actividades y factores en sus sitios web, éstas son: Universidad de Stanford (su posición relativa a nivel mundial en el año 2009 es 1), Universidad de Cambridge (posición 22), Universidad Autónoma de México (posición 44), la Universidad de Buenos Aires (posición 291) y la Pontificia Universidad Católica de Chile (posición 633).
3. La web es una plataforma adecuada para la internacionalización de las instituciones. Una presencia web fuerte y detallada que provea descripciones exactas de la estructura y actividades de la USAC puede atraer a nuevos estudiantes y profesores de todo el mundo.
4. Al comparar a la Universidad de San Carlos de Guatemala con las universidades líderes en su ramo se establece que se establece que existe una brecha negativa, es decir, que las prácticas externas son mejores, referentes a que cuentan con especializaciones a nivel de pregrado y con estudios de postgrados especializados para la carrera de

Ingeniería Química. Existe también brecha cero o paridad en el perfil de ingreso y egreso, el tiempo para cerrar el plan de estudios y las formas de graduación pues aunque existen diferencias, éstas no son significativas.

5. Las propuestas de mejora del plan de acción son:
 - a. Realizar un estudio de mercado
 - b. Crear un curso integrador de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera
 - c. Establecer líneas de investigación específicas para la carrera de Ingeniería Química
 - d. Fortalecer los servicios sociales y convertirlos en un requisito para la titulación
 - e. Otorgar títulos de especialización
 - f. Creación de maestrías y doctorados específicos para ingenieros químicos

RECOMENDACIONES

1. Enriquecer la página web publicando los programas de los cursos actualizados, fechas de evaluación, correos de profesores y auxiliares para resolver dudas, problemas resueltos y enlaces de interés. También publicar el perfil de ingreso, líneas de investigación de la carrera de Ingeniería Química y los postgrados a los que puede optar el estudiante egresado, entre otros.
2. Complementar el perfil de ingreso de la carrera de Ingeniería Química con el requerimiento de conocimientos previos de química y en el perfil de egreso agregar la habilidad de saber comunicar conocimientos, técnicas, métodos y resultados del trabajo en forma oral y escrita con claridad, orden, limpieza y sencillez.
3. Implementar en el último semestre un curso obligatorio para iniciar el trabajo de graduación donde se deba definir los parámetros y metodología que faciliten el desarrollo del proyecto, realizar las acciones requeridas para alcanzar satisfactoriamente los objetivos del proyecto y obtener un informe final que permita ofrecer el 60% de las bases del trabajo de graduación al momento de cerrar el pensum de estudios.

4. Poner en práctica el plan de acción propuesto para lograr una mejora continua, elevar la calidad educativa de la carrera de Ingeniería Química y dar ventajas competitivas a sus egresados.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE, Miguel Ángel. "Benchmarking: Un acercamiento al concepto". <http://www.sht.com.ar/archivo/marketing/benchmarking.htm>. Fecha de acceso: 2009-01-03
2. ACAAI. "Proceso de la acreditación". <http://www.acaai.org.pa/acreditacion.html>, Fecha de acceso: 2009-03-19
3. Anexo A: Resumen tabular de categorías, pautas y estándares. ACAAI. <http://www.acaai.org.pa/pdf/Anexo-A.pdf>. Fecha de acceso: 2009-10-04.
4. BOXWELL, Robert J. "Benchmarking para competir con ventaja". Traducido por: Isabel Vallecillo Rubiera y Bárbara McShane. Editorial McGraw-Hill. México, 1995. Págs.: 18
5. CAMP, Robert C. "Cómo medirse con los mejores". Excelencia (Club Gestión de Calidad). Mayo 1997, n. 16. Págs. 16-18.
6. "Catálogo de estudios". Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Guatemala, marzo, 2009.
7. ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA. Facultad de Ingeniería - Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/quimica/index.php>. Fecha de acceso: 2009-01-27

8. ESCUELA DE POSTGRADO. Facultad de Ingeniería - Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/epostgrado/index.html>. Fecha de acceso: 2009-03-19
9. GARAVITO R., Sandra & Elizabeth Suárez U. “Desarrollo conceptual del Benchmarking y consideraciones de aplicación práctica”. <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/bmkbiotec.htm>. Fecha de acceso: 2009-01-03
10. “Gestión empresarial: Información para competir”. www.microsoft.com/spain/empresas/marketing/benchmarking.msp. Fecha de acceso: 2009-01-03
11. “Manual de Organización de la escuela de Ingeniería Química”. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Guatemala, noviembre, 2008.
12. MORALES, Gustavo. “Benchmarking”. www.monografias.com/trabajos3/bench/bench.shtml. Fecha de acceso: 2006-06-03
13. “Plan de Mejora Ingeniería Química”. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala.
14. “Plan estratégico USAC-2022”. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Versión ejecutiva. Guatemala, noviembre, 2003.
15. “Plan Operativo Anual 2008”. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala, octubre 2007.

16. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. "Ingeniería Química y bioprocesos". <http://www.ing.puc.cl/iiq/>. Fecha de acceso: 2009-01-25
17. "Ranking mundial de universidades en la web". http://www.webometrics.info/index_es.html. Fecha de acceso: 2009-01-27
18. "Shanghai Jiao Tong University Ranking". http://es.wikipedia.org/wiki/Clasificaci%C3%B3n_acad%C3%A9mica_de_universidades. Fecha de acceso: 2008-07-05.
19. SPENDOLINI, Michael J. "Benchmarking". Traducido por: Carlos Fernando Villa. Editorial Norma S. A. Bogotá, Colombia, 1994. Págs.: 152,153, 201 y 209-213.
20. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. "Departamento de Ingeniería Química". www.di.fcen.uba.ar/diq. Fecha de acceso: 2008-07-05.
21. UNIVERSIDAD DE CAMBRIDGE. "Department of Chemical Engineering and Biotechnology". <http://www.cheng.cam.ac.uk/>. Fecha de acceso: 2009-01-25
22. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. "Normativo del Ejercicio Profesional Supervisado de graduación (EPS final) de la Facultad de Ingeniería". Guatemala, agosto 2006.
23. UNIVERSIDAD DE STANFORD. "Ingeniería Química". <http://cheme.stanford.edu/>. Fecha de acceso: 2009-01-25

24. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. "Ingeniería Química". <http://www.quimica.unam.mx/>. Fecha de acceso: 2009-01-25
25. WHATSON, Gregory H. "Benchmarking estratégico: aprenda a medir el funcionamiento de su empresa con respecto a las mejores del mundo". Javier Vergara Editor. Buenos Aires, Madrid, 1995.

ANEXO 1

Plan de estudios

a. Universidad de Stanford

Tabla XXVII. Plan de estudios de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Stanford

Curso	Título	Créditos	Trimestre	año
Matemática y ciencia (48-52 créditos)				
MATH 41	Calculo variable simple	5	A	1
MATH 42	Calculo variable simple	5	A, W	1
CME 100	Cálculos vectoriales para ingenieros	5	A	1,2
CME 102	Ecuaciones diferenciales ordinarias para ingenieros	5	W, S	1,2
CME 104 o CME 106 (1 de 2 es req)	Algebra lineal y ecuaciones diferenciales parciales para ingenieros Introducción a la probabilidad y estadísticas para ingenieros	5 4	S W	2/3 2/3
CHEM 31X	Principios químicos (requerido)	4	A, W	1
CHEM 33	Estructura y reactividad (req)	4	W, S	1
CHEM 35	Compuestos orgánicos monofuncionales (req)	4	A, S	1
CHEM 36	Laboratorio de química orgánica I (req)	4	S	1
PHYS 41	Mecánica (req)	4	W	2
PHYS 43	Electricidad & magnetismo (req)	4	S	2
Tecnología en sociedad (3-5 créditos)(seleccionar un curso de la lista aprobada)				
Fundamentos de ingeniería (3 créditos mínimos)				
ENGR 20	Introducción a la Ingeniería Química	3	S	1/2
ENGR 25	Biotechnología	3	S	1/2
Agregar uno o más cursos adicionales				
Profundidad de la ingeniería (53-54 créditos)				
CHEME 10	La profesión de ingeniera química	1	A	4
CHEME 100	Procesos químicos: modelado, dinámica & control	3	A	3
CHEME 110	Equilibrio termodinámico	3	W	3
CHEME 120A	Mecánica de fluidos	4	W	3
CHEME 120B	Transporte de masa y energía	4	S	3
CHEME 130	Procesos de separación	3	S	3
CHEME 140 o CHEME 150 o CHEME 160 (2 de 3 son req)	Procesos de tecnología microelectrónica Ingeniería bioquímica Ingeniería y ciencia del polímero	3 3 3	S A W	4 4 4

CHEME 170	Cinética y diseño de reactores	3	A	4
CHEME 180	Diseño de plantas	3	S	4
CHEME 185	Laboratorio de Ingeniería Química	4	A	4
BIOSCI 41	Genética, bioquímica y biología molecular	5	A	2
CHEM 130	Laboratorio de química orgánica II	4	A, W	2
CHEM 131	Compuestos orgánicos polifuncionales	3	A, W	3
CHEM 171	Fisicoquímica - termodinámica química	3	A	3
CHEM 173	Fisicoquímica - química cuántica	3	W	3
CHEM 175	Fisicoquímica - teoría cinética & mecánica estadística	3	S	3

Fuente: UNIVERSIDAD DE STANFORD. "Ingeniería Química". <http://cheme.stanford.edu/>.
Fecha de acceso: 2007-11-25

Trimestres: A = otoño
W = invierno
S = primavera

b. Universidad de Cambridge

Estructura:

Primer año: en este año, ingenieros químicos estudian la parte IA de Ingeniería, parte IA de ciencias naturales o parte IA de informática

Segundo año: en este año, los estudiantes estudian en la parte I de Ingeniería Química. Se introduce la disciplina y abarca muchos de los principios fundamentales de la Ingeniería Química.

Tercer año: en este año, los estudiantes estudian en la parte IIA de Ingeniería Química. Se completa el estudio del "núcleo" de la Ingeniería Química y es una preparación inmediata para la práctica profesional. Los alumnos que superen este curso tienen derecho a salir de la Universidad con el grado BA (Bachiller en artes) (Cambridge ofrece grados de bachiller en artes, incluso a los científicos e ingenieros, por razones históricas).

Cuarto año: casi todos los estudiantes permanecen en el curso de estudio en el cuarto año en la Universidad, denominado Parte IIB. Este es un curso avanzado en la Ingeniería Química que se destina como preparación para una carrera a largo plazo en la disciplina. El curso ofrece la oportunidad de estudiar el tema más a fondo, a fin de examinar los avances recientes y para llevar a cabo algunos trabajos de investigación originales. Los alumnos que superen este curso tienen derecho al grado de BA y MEng (Bachiller en artes y master en ingeniería)

Tabla XXVIII. Diagrama de la estructura de los cursos de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Cambridge

		Parte I Segundo año		Parte IIA Tercer año		Parte IIB Cuarto año		
		Proyecto del diseño Proyectos de Laboratorios		Proyecto del diseño Proyectos de Demostraciones		Proyecto de investigación Diseño de productos		
Parte IA Ingeniería	▶	Mecánica de fluidos Transferencia de masa y calor Cálculos de proceso Biotecnología		Termodinámica Mecánica de fluidos		Ingeniería Química avanzada (opciones)		
Parte IA Ciencias naturales	▶	Introducción a la Ingeniería Química Economía Seguridad	▶	Procesos Dinámicos & control Procesos logísticos Seguridad & ambiente	▶		▶	BA, MEng
Parte IA Informática	▶	Reactores Separaciones en equilibrio Procesos de transferencia		Reactores y catálisis Separaciones avanzadas Bioprocesos				
		Matemáticas de la		Corrosión & materiales		Gerencia (opcional)		

		ingeniería Ingeniería general Química		Optimización Estadística		Diseño de producto (opcional) Espíritu emprendedor (opcional) Idioma extranjero (opcional)		
					▼ BA			

Fuente: UNIVERSIDAD DE CAMBRIDGE. "Ingeniería Química". <http://www.cheng.cam.ac.uk/>.
Fecha de acceso: 2007-11-25

c. Universidad Nacional Autónoma de México

Valor en créditos del plan de estudios:

Total: 405

Obligatorios: 315

Optativos: 90

Organización del plan de estudios:

El plan de estudios propuesto de la licenciatura de Ingeniería Química contiene áreas y subáreas organizadas en tres ciclos. Asimismo, uno de ellos conjuga dichas áreas y subáreas en paquetes terminales. El plan propuesto preserva la organización de los estudios en periodos semestrales y tiene una duración de nueve semestres. El plan se compone de 45 asignaturas obligatorias más las asignaturas optativas, ambas suman 405 créditos. El número total de asignaturas puede variar ligeramente dependiendo de la elección de asignaturas optativas que realice el alumno. Del total de las asignaturas, 45 son obligatorias, de las cuales 16 son teóricas, 7 son prácticas y 22 son teórico-prácticas. El total de créditos de las asignaturas obligatorias es

de 315. Los 90 créditos restantes para completar los 405, corresponden a las asignaturas optativas disciplinarias, optativas sociohumanísticas y a las asignaturas estancia académica o estancia profesional, que brindan oportunidad de elección al estudiante.

Tabla XXIX. Asignaturas obligatorias de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Autónoma de México

Primer semestre		
Clave	Asignatura	Cred
1110	Álgebra superior	8
1111	Cálculo I	8
1112	Ciencia y sociedad	6
1113	Física I	8
1114	Química general I	9
Segundo semestre		
Clave	Asignatura	Cred
1205	Cálculo II	8
1206	Estructura de la materia	6
1209	Física II	8
1210	Laboratorio de física	4
1211	Química general II	8
1212	Termodinámica	11
Tercer semestre		
Clave	Asignatura	Cred
1307	Ecuaciones diferenciales	8
1308	Equilibrio y cinética	9
1310	Química inorgánica I	9
1311	Química orgánica I	10
1316	Balances de materia y energía	10
Cuarto semestre		
Clave	Asignatura	Cred
1400	Estadística	8
1402	Química analítica I	9
1412	Química orgánica II	9
1424	Métodos numéricos	6
1426	Termodinámica química	10
1428	Transferencia de momentum	6
Quinto semestre		
Clave	Asignatura	Cred
0095	Economía y sociedad	6
1538	Cinética química y catálisis	6
1540	Electroquímica	6
1542	Fenómenos de superficie	6

1543	Ingeniería de fluidos	7
1544	Laboratorio de Ingeniería Química I	3
1547	Transferencia de energía	6
	Optativa sociohumanística	
Sexto semestre		
Clave	Asignatura	Cred
1640	Ingeniería de calor	7
1642	Ingeniería de reactores I	6
1643	Ingeniería económica I	6
1644	Laboratorio unificado de fisicoquímica	4
1646	Laboratorio de Ingeniería Química II	3
1649	Transferencia de masa	6
	Optativa sociohumanística	
	Optativas disciplinarias	
Séptimo semestre		
Clave	Asignatura	Cred
1740	Ingeniería de reactores II	7
1742	Ingeniería ambiental	6
1743	Ingeniería económica II	6
1749	Laboratorio de Ingeniería Química III	3
1750	Procesos de separación	10
	Optativa sociohumanística	
	Optativa disciplinaria	
	Optativa disciplinaria	
Octavo semestre		
Clave	Asignatura	Cred
1817	Diseño de procesos	10
1819	Dinámica y control de Procesos	7
1823	Laboratorio de Ingeniería Química IV	3
1824	Taller de problemas	6
	Optativa sociohumanística	
Noveno semestre		
Clave	Asignatura	Cred
0216	Estancia académica	24
0217	Estancia profesional	24
1912	Ingeniería de proyectos	7
	Optativa disciplinaria	
	Optativa disciplinaria	

Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. "Ingeniería Química".
<http://www.quimica.unam.mx/>. Fecha de acceso: 2007-11-25

d. Universidad de Buenos Aires

Para obtener el título de Ingeniero Químico se requiere, luego de haber aprobado el ciclo básico común de la Universidad de Buenos Aires (UBA), aprobar un mínimo de 252 créditos distribuidos de la siguiente manera:

- a) Un total de 216 créditos correspondientes a la aprobación de las asignaturas obligatorias comunes para todos los estudiantes de la carrera.
- b) Si se opta por hacer el Trabajo Profesional de Ingeniería Química (I y II), un mínimo de 24 créditos en asignaturas electivas o actividades académicas afines que permitan reconocer créditos a criterio de la Comisión Curricular Permanente de la carrera.
- c) Si se opta por realizar la Tesis en Ingeniería Química, un mínimo de 18 créditos en asignaturas electivas o actividades académicas afines que permitan reconocer créditos a criterio de la Comisión Curricular Permanente de la carrera.
- d) Un total de 18 créditos otorgados por la Tesis de Ingeniería Química ó 12 créditos de la asignatura Trabajo Profesional de Ingeniería Química (I y II).

La carrera se organiza en un ciclo inicial que incluye las asignaturas científicas básicas y de las ciencias de la ingeniería, éstas sientan las bases de los principios fundamentales sobre los que apoyan los conocimientos específicos de la carrera de Ingeniería Química. En el ciclo superior se introducen asignaturas que estudian críticamente tanto los procesos y operaciones para la producción de determinados productos como la organización de los recursos y los mecanismos necesarios para optimizar la producción.

Se estructura para una duración de 12 cuatrimestres, distribuidos de la siguiente forma:

- Ciclo básico común: 2 cuatrimestres
- Ciclo de grado: 10 cuatrimestres

Tabla XXX. Ciclo básico común de la Universidad de Buenos Aires

Primer y Segundo Cuatrimestre		
Asignatura	Código	Créditos
Análisis Matemático	28	9
Álgebra	27	9
Física	03	6
Química	05	6
Sociedad y Estado	24	4
Pensamiento Científico	40	4

Fuente: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. "Ingeniería Química". www.di.fcen.uba.ar/diq.
Fecha de acceso: 2008-07-05.

Existe flexibilidad curricular, cada estudiante puede componer módulos cuatrimestrales de la manera que más se ajuste a sus intereses y posibilidades.

Tabla XXXI. Ciclo de grado de la Universidad de Buenos Aires

Código	Asignatura	Créditos	Correlativas
Tercer Cuatrimestre			
61.03	Análisis Matemático II A	8	CBC
62.01	Física I A	8	CBC
63.02	Química I	8	CBC
Cuarto Cuatrimestre			
61.08	Álgebra II A	8	CBC
62.04	Física II B	6	61.03-62.01
75.01	Computación	4	CBC
63.13	Química Inorgánica	8	63.02
Quinto Cuatrimestre			
75.12	Análisis Numérico I	6	61.03-61.08-75.01
63.14	Química Orgánica	10	63.13
76.45	Termodinámica de los Procesos	10	62.01-63.02
Sexto Cuatrimestre			
61.14	Matemática Especial para Ingeniería Química	8	61.03-61.08
76.46	Introducción a la Ingeniería Química	6	76.45
63.15	Química Analítica Instrumental	8	63.13-63.14-62.04
61.06	Probabilidad y Estadística A	4	61.03
Séptimo Cuatrimestre			
76.47	Fenómenos de Transporte	10	76.46-61.14
63.16	Química Física	6	63.13-76.45-63.15
76.48	Evaluación de Propiedades Físicas	6	76.45-61.06
65.48	Laboratorio de Instalaciones Eléctricas	4	62.04-76.46
Octavo Cuatrimestre			
76.49	Operaciones Unitarias de Transferencia de Cantidad de Movimiento y Energía	10	76.47
76.52	Operaciones Unitarias de Transferencia de Materia	10	76.48-76.47
77.08	Seguridad ambiental y del Trabajo	4	100 créditos
Noveno Cuatrimestre			
76.53	Diseño de Reactores	10	76.49-63.16-75.12
76.54	Instalaciones de Plantas de Procesos	8	76.49
76.55	Microbiología Industrial	6	63.14
	Asignaturas Electivas	4	
Décimo Cuatrimestre			
76.56	Instrumentación y Control de Plantas Químicas	10	76.49-76.52
76.57	Diseño de Procesos	6	76.52
76.58	Emisiones de contaminantes químicos y biológicos	4	76.52-76.55
71.28	Legislación y Ejercicio Profesional de la Ingeniería Química	4	140 créditos

Código	Asignatura	Créditos	Correlativas
OPCION TRABAJO PROFESIONAL			
Undécimo Cuatrimestre			
76.59	Trabajo Profesional I	6	76.52-76.53
71.53	Evaluación de Proyectos de Plantas Químicas	6	140 créditos
76.60	Laboratorio de Operaciones y Procesos	4	76.52-76.53-77.08
76.61	Bioingeniería	6	76.52-76.53-76.55
	Asignaturas Electivas	4	
Duodécimo Cuatrimestre			
76.62	Trabajo Profesional II	6	76.59-76.56
	Asignaturas Electivas	16	
OPCION TESIS DE INGENIERIA			
Undécimo Cuatrimestre			
76.00	Tesis de Ingeniería Química	8	76.52-76.53
71.53	Evaluación de Proyectos de Plantas Químicas	6	140 créditos
76.60	Laboratorio de Operaciones y Procesos	4	76.52-76.53-77.08
76.61	Bioingeniería	6	76.52-76.53-76.55
Duodécimo Cuatrimestre			
76.00	Tesis de Ingeniería Química	10	Continuación
	Asignaturas Electivas	14	

ASGNATURAS ELECTIVAS

Código	Asignatura	Créditos	Correlativas
62.13	Física III C	6	62.04
62.18	Física de los Fluidos	4	76.47
63.10	Termodinámica Estadística	6	63.16
67.13	Conocimiento de Materiales I	6	63.14
67.57	Elementos Finitos Avanzados en la Mecánica de Fluidos	6	67.58
67.58	Introducción al Método de los Elementos Finitos	6	75.12-76.47
67.59	Mecánica del Continuo	6	67.60-76.47
67.60	Introducción al Análisis Tensorial	4	61.03-61.08
71.31	Organización de la Producción	6	100 créditos
75.38	Análisis Numérico II A	6	75.12
76.16	Electroquímica	4	63.16-76.47
76.17	Procesos Electroquímicos	4	76.16
76.18	Fisicoquímica Especial	6	63.16
76.22	Fundamentos de la Ing. de Reservorios	8	76.47
76.23	Recuperación Asistida de Petróleo	4	76.22
76.24	Fundamentos de la Simulación Numérica de Reservorio	6	76.22
76.25	Explotación de Yacimientos	8	62.04-76.46

Código	Asignatura	Créditos	Correlativas
76.27	Control Estadístico de Procesos	6	61.06
76.28	Gestión Recursos en la Industria de Procesos	4	76.47
76.29	Industria de Procesos	4	76.52
76.30	Industrias Alimenticias	4	76.49
76.51	Introducción a la Planificación Interactiva	4	140 créditos
78.01	Idioma Inglés	4	CBC
	ó		
78.02	Idioma Alemán	4	CBC
	ó		
78.03	Idioma Francés	4	CBC
	ó		
78.04	Idioma Italiano	4	CBC
	ó		
78.05	Idioma Portugués	4	CBC

ASIGNATURAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

76.32	Preservación de Alimentos	6	76.47-76.52-76.55
76.33	Procesamiento Industrial de Alimentos	6	76.32

Fuente: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. "Ingeniería Química". www.di.fcen.uba.ar/diq.
Fecha de acceso: 2008-07-05.

e. Pontificia Universidad Católica de Chile

Tabla XXXII. Plan de estudios de la carrera Ingeniería Química y de Bioprocesos de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Sigla	Nombre
IIQ1002	Termodinámica
IIQ1012	Fisicoquímica
IIQ1112	Procesos químicos I
IIQ1210	Introducción operaciones unitarias I
IIQ1220	Introducción operaciones unitarias II
IIQ1270	Laboratorio introducción operaciones unitarias
IIQ2002	Fenómenos de transporte
IIQ2012	Operaciones unitarias I
IIQ2022	Operaciones unitarias II
IIQ2032	Operaciones unitarias III
IIQ2112	Diseño de reactores
IIQ2122	Diseño mecánico de equipos
IIQ2142	Principios de la producción limpia e ingeniería ambiental
IIQ2272	Laboratorio de Ingeniería Química
IIQ2302	Matemática aplicadas a la ingeniería de procesos
IIQ2312	Dinámica y control de procesos
IIQ2322	Control e instrumentación de procesos industriales
IIQ2372	Diseño de sistemas de biorremediación de suelos
IIQ2422	Energía I
IIQ2612	Tecnología de alimentos
IIQ2622	Control de calidad de alimentos
IIQ2632	Bioquímica de alimentos
IIQ2642	Procesamiento de alimentos
IIQ2652	Microbiología de alimentos
IIQ2772	Laboratorio de Ingeniería Química
IIQ2972	Trabajo personal dirigido
IIQ2981	Trabajo personal dirigido
IIQ2985	Investigación o proyecto

IIQ2986	Investigación o proyecto
IIQ2987	Investigación o proyecto
IIQ3242	Diseños de procesos químicos
IIQ3252	Fenómenos de transporte
IIQ3254	Fenómenos de transporte avanzado
IIQ3302	Modelación y simulación dinámica
IIQ3322	Control avanzado de procesos
IIQ3342	Contaminación atmosférica
IIQ3352	Modelación atmosférica y dispersión de contaminantes
IIQ3362	Residuos sólidos
IIQ3402	Diseño estadístico, optimización y análisis multivariado
IIQ3442	Conversión directa de energía
IIQ3602	Biopolímeros
IIQ3612	Microbiología industrial
IIQ3642	Ingeniería de bioprocesos
IIQ3652	Avances en tecnología de alimentos
IIQ3662	Seminario de postgrado
IIQ3672	Bioseparaciones
IIQ3682	Biotecnología microbiana
IIQ3692	Biotecnología de la vid y el vino
IIQ3701	Ingeniería de productos e innovación
IIQ3712	Laboratorio de bioprocesos
IIQ3800	Tópicos en Ingeniería Química y bioprocesos

Fuente: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. "Ingeniería Química".
<http://www2.ing.puc.cl/iiq/>. Fecha de acceso: 2007-11-25

ANEXO 2

Definición de créditos

a. Universidad de Stanford

La universidad de Stanford no presenta dentro de su página web la definición de créditos que maneja.

b. Universidad de Cambridge

La universidad de Cambridge no presenta dentro de su página web la definición de créditos que maneja.

c. Universidad Nacional Autónoma de México

Crédito es la unidad de valor o puntuación de una asignatura, que se computa en la siguiente forma:

- a) En actividades que requieren estudio o trabajo adicional del alumno, como en clases teóricas o seminarios, una hora de clase semana-semester corresponde a dos créditos.
- b) En actividades que no requieren estudio o trabajo adicional del alumno, como en prácticas, laboratorio, taller, etcétera, una hora de clase semana-semester corresponde a un crédito.

c) El valor en créditos de actividades clínicas y de prácticas para el aprendizaje de música y artes plásticas, se computará globalmente según su importancia en el plan de estudios, y a criterio de los consejos técnicos respectivos y del Consejo Universitario.

El semestre lectivo tendrá la duración que señale el calendario escolar. Los créditos para cursos de duración menor de un semestre se computarán proporcionalmente a su duración. Los créditos se expresarán siempre en números enteros.

d. Universidad de Buenos Aires

El Régimen de Enseñanza en la Facultad de Ingeniería tiene una estructura basada en créditos, esto significa que cada materia tiene asignado un número de créditos. Un crédito equivale a una hora semanal de actividad académica efectiva en la facultad durante un cuatrimestre. Por ejemplo, una materia de cuatro créditos equivale a una asistencia semanal a clases de por lo menos cuatro horas durante un cuatrimestre.

e. Pontificia Universidad Católica de Chile

Un crédito equivale a una carga académica de una hora semanal para el estudiante.

ANEXO 3

Descripción de cursos

a. Universidad de Stanford

CHEMENG 10. La profesión de Ingeniería Química – Abierto para todos los estudiantes universitarios, sumamente útil para estudiantes de primer y segundo año. Seminario, Facultad y alumnos del departamento de Ingeniería Química presentan los pasos de la carrera y las oportunidades disponibles para Ingenieros Químicos graduados. Temas posibles: preparación para egresar de la escuela (maestría y doctorado y en leyes, negocios, medicina y otros campos de la ingeniería); oportunidades en áreas relacionadas con el medio ambiente, materiales suaves y duros, biotecnología y oportunidades no tradicionales. 1 crédito.

CHEMENG 20. Introducción a la Ingeniería Química – Perspectiva general de la Ingeniería Química a través de una discusión y análisis de procesos químicos y físicos. Temas: etapas de separación en general, balances de masa y energía, conceptos de tipos de procesos, transporte de masa y energía, y cinética de reacciones químicas. Aplicaciones de esos conceptos en áreas de actual importancia tecnológica: biotecnología, producción de químicos, procesamiento de materiales y purificación. Prerrequisitos: CHEM 31. 3 créditos.

CHEMENG 25. Biotecnología – La relación entre la biología molecular y celular, y los principios de ingeniería en el diseño, desarrollo, manufactura y formulación de nuevas drogas y agroquímicos. Los temas incluyen fundamentos biológicos, genomas y bioinformación, proteínas, fermentación, tecnología de

anticuerpos, plantas de biotecnología, vacunas, y animales transgénicos. Recomendación: Previa exposición de química y biología. 3 créditos.

CHEMENG 60Q. Regulación y política medioambiental – Seminario introductorio. De preferencia para estudiantes de segundo año. Cómo la política medioambiental es formulada en USA. Cómo y qué tipo de investigación científica es incorporada en las decisiones. Cómo se determina aceptable un riesgo, el derecho público para saber riesgos químicos, eliminación de basura y producción limpia. El adecuado uso de la ciencia y la ingeniería incluyen presentación a los medios de comunicación y malas interpretaciones, público científico y literatura técnica, reacciones emocionales. Modelos alternativos para la formulación de políticas medioambientales. Fuerzas políticas y económicas. 3 créditos.

CHEMENG 70Q. Dueños del desastre – Seminario introductorio. De preferencia para estudiantes de segundo año. Para estudiantes interesados en la ciencia, ingeniería, política y en las leyes. Enterarse de desastres pasados para evitar repetirlos en el futuro. Cómo los desastres pueden ser evitados en el diseño de procesos. Los roles de los ingenieros, artesanos, políticos, abogados y científicos en el diseño de productos. Fracasos originados por el descuido en el diseño de los procesos. Grupos de estudiantes analizan desastres reales y diseñan nuevos productos probablemente libres de potenciales resultados desastrosos. 3 créditos.

CHEMENG 80Q. Arte, química y locura – Dialogo introductorio. De preferencia para estudiantes de segundo año. La ciencia de tras de las propiedades de los materiales del arte, incluyendo aceite, acrílicos y acuarelas, tintas, arcilla y vidriados. Perspectivas del artista y el material científico. Cómo

la función del material es basado en principios de la química y la física. Efectos tóxicos. Viaje a la tienda local de suministros de arte. 3 créditos.

CHEMENG 100. Procesos químicos de modelado, dinámica y control – Aplicación de métodos matemáticos para problemas de ingeniería usando ejemplos de la Ingeniería Química.

El desarrollo de modelos matemáticos para describir procesos químicos de conducta dinámica. Análisis y técnicas de simulación computarizada para la solución de ecuaciones diferenciales ordinarias. Comportamiento dinámico de sistemas lineales de primer y segundo orden. Introducción a control de procesos. Dinámica y estabilidad de sistemas controlados. Prerrequisitos: CHEMENG 20 o ENGR 20; CME 102 o MATH 53 o 170. 3 créditos.

CHEMENG 110. Equilibrio termodinámico – Propiedades termodinámicas, ecuaciones de estado, propiedades de sistemas no ideales incluyendo mezclas y fases y equilibrios químicos. Prerrequisito: CHEM 171. 3 créditos.

CHEMENG 120A. Mecánica de fluidos – El flujo de fluidos isotérmicos desde un punto de vista de transporte de momentum, campos escalares y vectoriales, fluidos estáticos, fluidos no-Newnotianos, balances de momentum, ecuaciones de movimiento y la ecuación Navier-Stokes, flujos paralelos y casi paralelos, flujos paralelos dependientes del tiempo, teoría de capa límite y separación. Prerrequisitos: primer año de Ingeniería Química o tener consentimiento del instructor, 100 y CME 102 o el equivalente. 4 créditos.

CHEMENG 120B. Transporte de masa y energía – Transporte general difusivo, transporte de calor por conducción, ley de Fourier, conducción en composición con analogías a circuitos eléctricos, convección forzada, transporte de calor en capa límite vía convección forzada en fluido laminar, correlaciones

de convección forzada, convección libre, convección libre en capas límite, correlaciones de convección libre y aplicación a fluidos geofísicos, fundición y transferencia de calor en interfaces, radiación, transporte difusivo de masa para transferencias diluidas y no diluidas, analogías de transporte de masa y calor, transporte de masa con reacciones químicas a granel, transporte de masa con reacción química interfacial, evaporación. Prerrequisitos 120A o consentimiento del instructor. 4 créditos.

CHEMENG 130. Procesos de separación – Análisis y diseño de procesos de separación en equilibrio y no-equilibrio. Posibles ejemplos: destilación, extracción líquido-líquido, destilación flash, electroforesis, centrifugación, separación por membranas, cromatografía, y reacciones asistidas por procesos de separación. 3 créditos.

CHEMENG 140. Tecnología de procesamientos microelectrónicos – La química y el transporte de dispositivos microelectrónicos en la fabricación, introducción a materiales en estado sólido y dispositivos electrónicos. Procesos químicos incluyendo crecimiento de cristales, aguafuerte, oxidación, difusión, metalización, y procesamiento de plasma con énfasis en química, cinética, y consideraciones de transporte. Recomendado: CHEM 33, 171, y PHYSICS 55. 3 créditos.

CHEMENG 150. Ingeniería bioquímica – Cómo conceptos biológicos son combinados con principios de ingeniería cuantitativos para producir productos beneficiosos. La producción de proteína farmacéutica como un paradigma a explorar bioquímica cuantitativa y fisiología celular, la stoichiometría elemental del metabolismo, tecnología de recombinación de ADN, biología sintética e ingeniería metabólica, desarrollo y control de la fermentación, productos insolados y purificación, proteínas plegables y formulación y bionegocios y

temas normativos. Prerrequisitos: CHEMENG 188 o BIOSCI 41 o el equivalente. 3 créditos.

CHEMENG 160. Ingeniería y ciencia del polímero – Los temas incluyen morfología de polímeros amorfos y semicristalinos, viscoelasticidad lineal y reología. Aplicaciones seleccionadas de polímeros en dispositivos biomédicos y microelectrónicos. Recomendado: CHEM 33 y 171, o el equivalente. 3 unidades.

CHEMENG 170. Cinética y diseño de reactores – Cinética química, reacciones elementales, mecanismos de reacción, reacciones limitantes, y aproximaciones al estado metaestable, reactores isotérmicos ideales y no-isotérmicos, principios de diseño. Operaciones de reactores en estado estable y estado inestable, conversión y limitaciones del equilibrio termodinámico. Enzimas y catálisis heterogéneas y mecanismos de reacción de catalizadores. Prerrequisitos: 110, 120A, 120B. 3 créditos.

CHEMENG 180. Diseño de plantas de Ingeniería Química – Abierto a estudiantes de primer año de Ingeniería Química o por consentimiento del instructor. Aplicación de principios químicos en el diseño de plantas prácticas para la manufactura de químicos y materiales relacionados. Temas: diagrama de flujo del desarrollo para un diseño conceptual, diseño de equipo para destilación, reacciones químicas, transferencia de calor, bombeado, y compresión; estimación del gasto de capital y costos de producción; construcción de la planta. 3 créditos.

CHEMENG 185. Laboratorio de Ingeniería Química – Aspectos experimentales de la ciencia de la Ingeniería Química, énfasis en el desarrollo de habilidades de comunicación. Experimentos ilustrando temas expuestos por grupos de estudiantes. WIM. 4 créditos.

CHEMENG 188. Bioquímica I – Química de principales familias de biomoléculas, incluyendo proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos, lípidos, y cofactores. Análisis estructurales y mecánicos de propiedades de proteínas incluyendo reconocimiento molecular, catálisis, transducción de señal, transporte de membrana y cosecha de energía para iluminar. Evolución molecular. Prerrequisitos: BIOSCI 41, CHEM 131, y CHEM 135 o CHEM 171. 3 créditos.

CHEMENG 189. Bioquímica II – Metabolismo. Glicólisis, gluconeogénesis, ciclo del ácido cítrico, oxidación fosfórica, metabolismo del glicógeno, metabolismo del ácido graso, degradación de la proteína y catabolismo de aminoácidos, traducción de proteína y biosíntesis de aminoácidos, biosíntesis nucleótida, expresión de ADN , recombinación y reparación, biosíntesis de lípidos y esteroides. Consecuencias médicas de problemas metabólicos. Intervención terapéutica del metabolismo. Prerrequisito: 188/288. 3 créditos.

CHEMENG 190. Investigación de estudiante en Ingeniería Química – Laboratorio o trabajo teórico para estudiantes universitarios bajo la supervisión de un miembro de la facultad. Investigación en una de las investigaciones de grupos egresados u otros proyectos especiales de éste laboratorio. Los estudiantes deberían consultar asesores para información en proyectos disponibles. 1-6 créditos.

CHEMENG 190H. Investigación de estudiante con honores en Ingeniería Química – Es pronunciado Bachiller en Ciencias con honores mayores quien ha obtenido aprobación de la facultad para una investigación propuesta. Investigación de por lo menos 3 trimestres, incluyendo tesis, y presentación oral del trabajo. 2-5 créditos.

Cursos para estudiantes graduados de bachiller en ciencias:

CHEMENG 240. Tecnología de procesamiento de microelectrónicos. 3 créditos.

CHEMENG 250. Ingeniería Bioquímica. 3 créditos

CHEMENG 260. Ingeniería y ciencia del polímero. 3 créditos.

CHEMENG 288. Bioquímica I. 3 créditos.

CHEMENG 289. Bioquímica II. 3 créditos.

CHEMENG 300. Matemáticas aplicadas en las ciencias químicas y biológicas – Métodos de soluciones matemáticas vía aplicación de problemas incluyendo secuencia de reacciones químicas, transferencia de masa y calor en reactores químicos, mecánica cuántica, mecánica de fluidos, sistemas de reacciones y cromatografía. Los temas incluye: teoría espacio-vector, teoría operador lineal con métodos de valor propio, métodos de fase simple, teoría de perturbación (regular y singular), solución de ecuaciones diferenciales parciales parabólicas y elípticas, métodos de transformar (Laplace y Fourier). Prerrequisitos: CME 102 y 104 o equivalentes. 3 créditos.

CHEMENG 310. Transporte en microescala en Ingeniería Química – Fenómenos de transporte en pequeña escala apropiada para aplicaciones en microfluidos, fluidos complejos y biología. Las ecuaciones básicas de masa, momentum y energía, derivadas de fluidos incompresibles y simplificadas a el límite de flujo-lento. Temas: técnicas de solución utilizando expansiones de funciones armónicas y de Green; soluciones de singularidad; flujos involucrando

partículas rígidas y gotas fluidos; teoría de lubricación para fluidos en geometrías confinadas; capilaridad y humectación. Prerrequisitos: 120A,B, 300 o equivalentes. 3 créditos.

CHEMENG 340. Termodinámica molecular – mecanismos estadísticos; funciones de división y funciones de distribución. Aplicaciones para gases imperfectos y teoría de líquidos; mecanismos estadísticos en fase de equilibrio y diagramas de fase; el modelo Ising, fuerzas intermoleculares y simulación molecular. 3 créditos.

CHEMENG 345. Fundamentos y aplicaciones de la espectroscopia - Desarrollo de propuestas teóricas para la espectroscopia, incluyendo transición espectroscópica, probabilidades de transición, y selección de normas. Aplicación de espectroscopia de electrón y protón de fases sólidas y gaseosas. Temas: espectroscopia rotacional, infrarrojo y espectroscopía vibracional Raman; espectroscopia fluorescente; Auger, rayos X y espectroscopia de fotoelectrón ultravioleta. Prerrequisitos: CHEM 271 o curso en mecánica cuántica. 3 créditos

CHEMENG 355. Ingeniería bioquímica avanzada – Enfoque para combinar el nuevo conocimiento biológico y métodos con principios ingenieriles cuantitativos para la producción de productos beneficiosos. Repaso cuantitativo de bioquímica y metabolismo, aplicaciones de la tecnología de ADN recombinante, biología sintética, e ingeniería metabólica. La producción moderna de proteína farmacéutica como un paradigma para procesos avanzados con principios desarrollados dentro de la estructura de negocios corrientes y requerimientos regulatorios. Prerrequisitos: CHEMENG 188 o BIOSCI 41, o equivalente. 3 créditos.

CHEMENG 442. Estructura y reactividad de superficies sólidas – La estructura de superficies sólidas incluyendo métodos experimentales para la determinación la estructura de superficies de cristal único. La adsorción de moléculas en estas superficies incluye la termodinámica de procesos de adsorción, superficies de difusión y superficies de reacción. Estructuras moleculares de absorbentes. Temas corrientes en estructuras de superficie y reactividad, incluyendo sistemas de catálisis heterogénea y materiales electrónicos. 3 créditos.

CHEMENG 444. Simulaciones cuánticas de moléculas y materiales – La simulación atomística cuántica para pronosticar estructura atómica, propiedades, mecanismos de reacción y cinética. Repaso de mecánica cuántica. Teoría de química cuántica y métodos de estructura electrónica incluyendo Hartree Fock, interacción de configuración y teoría de densidad funcional. Cálculo de propiedades: energía, fuerzas, estructura y espectro electrónico y vibracional. Los estudiantes diseñan proyectos de simulación involucrando aplicaciones para tratamiento de semiconductores, ciencia de superficie, bioquímica, catálisis, polímeros, química medioambiental y combustión. Prerrequisitos: Mecánica cuántica para estudiantes no graduados. 3 créditos.

CHEMENG 454. Biología sintética e ingeniería metabólica – Principios para el diseño y optimización de nuevos sistemas biológicos. El desarrollo de nuevas enzimas, senderos metabólicos y organismos para la producción de metabolitos centrales, aminoácidos, proteínas farmacéuticas, polipéptidos y antibióticos poliquetidos, e isoprenoides. Prerrequisitos: CHEMENG 250 o 355, o su equivalente; 355 puede ser tomado simultáneamente. 3 créditos.

CHEMENG 459. Fronteras en biociencias interdisciplinarias – Para especialistas y no-especialistas. Patrocinados por el Programa BioX de Stanford. Tres seminarios trimestre, temas de dirección científica y temas técnicos son relatados para enfoques interdisciplinarios en bioingeniería, medicina, química, física y ciencias biológicas. Investigaciones dirigidas por Stanford y el mundo presentan avances y esfuerzos que cortan de un lado a otras disciplinas centrales. Pre-seminarios presentan conceptos básicos y contextos para no-expertos. Estudiantes registrados asisten a todos los pre-seminarios; otros son bienvenidos. Recomendación: matemáticas básicas, biología y física. 1 crédito.

CHEMENG 460. Superficies e interfaces de polímeros – Principios de termodinámica interfacial y física aplicada a superficies e interfaces de polímeros. Tratamiento de fuerzas intermoleculares; estadísticas ajustadas de estructuras de macromoléculas, modelos para polímeros dinámicos; vinculación de polímeros de diferentes interfaces; técnicas para modificación química de superficies; métodos para caracterización física de superficies e interfaces de polímeros. Aplicaciones en adhesión y biocompatibilidad. Prerrequisitos: Exposición de principios de la ciencia de los polímeros o consentimiento del instructor. 3 créditos.

CHEMENG 462. Fluidos complejos y flujos no-Newtonianos – División de fluidos complejos en suspensión, soluciones y fundiciones. Suspensiones como coloidales y no-coloidales. Suspensión reología incluyendo fibras Brownianas y no-Brownianas. Microhidrodinámica y la ecuación Fokker-Planck. Viscoelasticidad lineal y el límite de flujo débil. Soluciones de polímeros incluyendo modo único y modelos de modo múltiple. Viscoelasticidad no-lineal. Efectos intermoleculares en soluciones no-diluidas y fundiciones y el concepto

de reptación. Prerrequisitos: Bajos número de Reynolds hidrodinámicos o consentimiento del instructor. 3 créditos.

CHEMENG 464. Química del polímero – Síntesis del polímero, caracterización y aplicación. Los temas incluyen: aspectos orgánicos y cinéticos de la polimerización, técnicas de caracterización de polímeros, y estructura y propiedades de la mayor parte de polímeros de aplicación comercial y tecnologías emergentes. 3 créditos.

CHEMENG 466. Física del polímero – Conceptos y aplicaciones en el equilibrio y la dinámica del comportamiento de fluidos complejos. Los temas incluyen: soluciones termodinámicas, conceptos de expansión, semiflexibilidad, caracterización del tamaño del polímero (ligero dispersado, presión osmótica, cromatografía de tamaño-exclusión, viscosidad intrínseca), viscoelasticidad, medidas reológicas, polielectrolitos, cristales líquidos, biopolímeros y geles. 3 créditos.

CHEMENG 468. Temas de transporte avanzado en fluidos complejos y sistemas biológicos – Temas incluyen: La teoría del movimiento Browniano, teoría de advección-dispersión y dispersión de Taylor generalizada; las bases moleculares de reología de fluidos complejos; difusión obstaculizada y flujos en medios porosos; transferencia de calor y masa en capas límites laminares con reacciones, adsorción y desorción; deformación de gota y separación; estabilidad hidrodinámica de flujos laminares multifases. Prerrequisito: 310 o equivalente o consentimiento del instructor. 3 créditos.

CHEMENG 500. Temas especiales en biotecnología de proteínas.

CHEMENG 501. Temas especiales en procesamiento de semiconductores

CHEMENG 502. Temas especiales en ciencia computacional de materiales

CHEMENG 503. Temas especiales en biocatálisis

CHEMENG 504. Temas especiales en bioingeniería

CHEMENG 505. Temas especiales en microreología

CHEMENG 507. Temas especiales en física de polímeros y montajes moleculares

CHEMENG 510. Temas especiales en transportes mecánicos

CHEMENG 513. Temas especiales en materiales orgánicos funcionales para electrónica y óptica

CHEMENG 514. Temas especiales en física de biopolímeros

Todos estos temas son de reciente desarrollo e investigación actual. Pueden ser repetidos por créditos. Prerrequisitos: posición de graduado o consentimiento del instructor. 1 crédito.

CHEMENG 600. Investigación de graduación en Ingeniería Química – Laboratorio y trabajo teórico dirigido por cumplimiento parcial de requerimientos para un grado avanzado. 1-12 créditos.

CHEMENG 699. Coloquio – Conferencias semanales por expertos de la academia y la industria en el campo de la Ingeniería Química. Puede ser repetido por crédito. 1 crédito.

b. Universidad de Cambridge

Los contenidos del curso: Primer año

El material que se enseña en el primer año en la Universidad está determinado por la elección de la ruta de entrada, si es ingeniería o ciencias naturales o informática como se muestra a continuación:

Ingeniería

Los que eligen la vía de ingeniería deben leer la parte IA Ingeniería, que consiste en una serie de conferencias sobre los elementos básicos de la ingeniería de la ciencia: matemáticas, mecánica, termodinámica y vibraciones; estructural y mecánica de materiales; circuitos eléctricos y electromagnetismo. También hay apoyo de los laboratorios y proyectos sobre temas como el diseño, instrumentación electrónica y la informática, la gestión y el dibujo. No hay elección de los documentos en la ruta de ingeniería, parte IA.

Ciencias naturales o informática

Hay significativamente más posibilidades de elección en la ruta de ciencias naturales o informática, donde un estudiante estudia cuatro de los disponibles temas de la parte IA: matemáticas o biología cuantitativa, física, química, biología de células, ciencia de los materiales & minerales, geología, evolución & comportamiento y fisiología de organismos. Para satisfacer los reglamentos, los estudiantes de Ingeniería Química deben elegir al menos uno de química, física y biología de células. Sin embargo, aparte de esa restricción, la elección está abierta. Estudiantes de Ingeniería Química teniendo la ruta de ciencias naturales también debe estudiar matemáticas o biología cuantitativa. La función de las asignaturas de ciencias experimentales de apoyo a los laboratorios, además de conferencias, y la cantidad de trabajo de laboratorio es superior a la ruta de ingeniería, en un máximo de tres períodos de sesiones cada semana, pero con menor actividad de proyectos.

Evaluación de las dos rutas marcadas implica laboratorio y proyecto de trabajo, seguida de una serie de exámenes escritos al final de año.

Contenidos del curso: Segundo Año - Parte I

La parte I del curso de Ingeniería Química ocupa el segundo año, y se enseña a tiempo completo en el departamento. Aunque la parte I de la clase está formada por estudiantes procedentes de informática o ciencias naturales (sección (1)) y de ingeniería (sección (2)), el 85% de las conferencias se dan conjuntamente a los dos grupos. Sin embargo, los estudiantes de la sección (1) reciben algunas conferencias dedicadas sobre ingeniería en general, mientras que los estudiantes de la sección (2) reciben algunas conferencias dedicadas sobre química.

Los temas que se enseñan en el curso de Ingeniería Química se puede dividir en cinco temas: fundamentos, operaciones del proceso, sistemas de proceso, métodos matemáticos y temas permitidos. Los temas son examinados en cuatro pruebas de 3 horas al final del año.

Fundamentos: Mecánica de Fluidos introduce las ecuaciones básicas, y muestra cómo utilizarlos en aplicaciones prácticas. Procesos de transporte cubre la transferencia de calor por conducción, convección y radiación, y el transporte de moléculas por difusión y convección. El Cálculo abarca el proceso de cálculo de las propiedades termodinámicas con el objetivo de responder a preguntas tales como ¿Es posible este proceso? y ¿Qué hace que requieran energía?. Incluye Balances de masa y energía, los ciclos de potencia y de refrigeración, la termodinámica de mezclas y reacciones en equilibrio. El curso sobre Biotecnología describe el fondo científico y de ingeniería detrás de esta área cada vez más importante. Abarca algunos de los principios fundamentales de la biología de las células, antes de pasar a discutir el crecimiento microbiano y el diseño de biorreactores.

Operaciones del proceso: el Proceso en etapa de equilibrio se considera la separación de mezclas binarias mediante la destilación, extracción con disolventes, la lixiviación y la absorción de gases en columnas de placas. En contraste, la unidad de Procesos de transporte estudia los procesos de transferencia de masa y calor en co-corriente y contracorriente, como los intercambiadores de calor y columnas empacadas. Reactores da una introducción a la ingeniería de las reacciones químicas, considerando el diseño de simples reactores isotérmicos.

Proceso de los sistemas: la unidad en Introducción de Ingeniería Química da una perspectiva del por qué de varias unidades unitarias son necesarias y cómo ellas se pueden juntar para formar el diagrama de flujo de una planta. El estudio de la Seguridad, Salud y Medio Ambiente (SSMA) y Economía es una parte esencial en la formación de un ingeniero químico.

Métodos matemáticos: el curso Matemáticas ingenieriles enseña métodos numéricos para resolver ecuaciones y estos principios son entonces probados por un grupo de ejercicios prácticos por computadora. El curso también da una cobertura significativa al álgebra lineal y la teoría de ecuaciones diferenciales que ocurren a menudo en problemas de Ingeniería Química.

Temas permitidos: sección (1), los estudiantes que acceden desde las rutas Ciencias naturales e Informática, están obligados a tomar las unidades de conferencias sobre Mecánica y materiales, Dinámica y análisis del estrés. Sección (2), los estudiantes que acceden por la ruta de Ingeniería, están obligados a tomar las unidades de conferencias sobre diversos temas de Química: Química termodinámica y Cinética de las reacciones, Unión química y Química inorgánica, Química orgánica y Química analítica. Ambas secciones reciben charlas sobre aspectos adicionales de la ingeniería mecánica relacionada con el proceso de construcción de equipos de la planta.

Trabajos: todos los estudiantes deben completar el Laboratorio de mecánica de fluidos y Procesos de transporte que comprende 8 experimentos de 2 horas cada uno. Los estudiantes también deben completar 5 clases en las cuales ellos usan paquetes de computación para resolver problemas de Ingeniería Química. Sección (1) Los estudiantes deben asistir al curso de Dibujo (4 sesiones x 3 horas) y un Laboratorio de aplicaciones (2 sesiones x 2 horas) que se centra en particulares puntos de cómo son diseñados y construidos equipos de procesos. Sección (2), los estudiantes deben completar 5 experimentos x 2 horas en Fisicoquímica.

Cada quince días durante las 8 semanas de los períodos de enseñanza, los estudiantes son puestos a prueba con un problema de ingeniería para abordar; estos ejercicios o mini-proyectos requieren de más tiempo para ser resueltos que un examen o una clase de enseñanza y muchos requieren el uso de herramientas de cómputo. Los estudiantes presentan sus soluciones como un informe de evaluación. El último ejercicio es un pequeño proyecto de diseño en la que los estudiantes diseñan un punto de equipos de proceso, como un intercambiador de calor. Una serie de talleres se da en el plazo de Pascua en la que los estudiantes son alentados a desarrollar sus capacidades en dar presentaciones orales, trabajo en grupos, de planificación de proyectos y de dirección de equipos.

Contenidos del curso: Tercer Año - Parte II

Muchos de los temas introducidos en la parte I se desarrollan más a fondo. Por ejemplo, puede extenderse a los sistemas en los que muchas especies químicas están involucrados y puede haber efectos dependientes del tiempo. Todo el material de la parte IIA es el núcleo de la Ingeniería Química, por lo que

los temas de este año son obligatorios. El año concluye con un importante proyecto de diseño.

Fundamentos: el curso mecánica de fluidos abarca los sistemas más complicados que los que se describen en la parte I. Incluye la modelización de los flujos turbulentos, flujos compresibles y flujos de dos fases. El curso de termodinámica describe el comportamiento de la fase de equilibrio en mezclas.

Operaciones del proceso: más formas avanzadas de separaciones continuas como la deshumidificación, separaciones por membranas y los procesos de adsorción son considerados. El curso reactores abarca catálisis y reactores heterogéneos y considera más a fondo los efectos de la temperatura y flujos no ideales. La unidad de bioprocesos extiende el curso de la parte I sobre biotecnología e incluye la cobertura de la elaboración y purificación de bioproductos.

Sistemas del proceso: el comportamiento del estado inestable de los sistemas del proceso (y de la seguridad de su funcionamiento) se enseña en dinámica y control de procesos. Las conferencias sobre procesos y logística empresarial consideran la forma de elegir las rutas de proceso, elaborar diagramas, la integración energética y el tema de la oferta y la demanda.

Temas permitidos: entre ellos figuran una unidad de corrosión y materiales y algunas otras conferencias para preparar a los estudiantes para el diseño de proyectos. Además técnicas matemáticas son enseñadas también incluyendo optimización y estadística.

Cursos y exámenes: hay ejercicios quincenales continuamente evaluados en los dos primeros trimestres. Estos incluyen mini-proyectos como los estudios de literatura. Los exámenes tienen lugar en el inicio del trimestre de Pascua.

Proyecto de diseño: un proyecto de diseño a tiempo completo duradero de cinco semanas se lleva a cabo después de los exámenes. El proyecto incluye el diseño conceptual y del proceso de toda una planta, como una instalación de almacenamiento para gas natural licuado, una refinería de azúcar o de un hidrotreatmento para satisfacer las especificaciones de azufre del combustible diesel. El proyecto se realiza en grupos de cinco o seis, e incluye todos los aspectos importantes del diseño de Ingeniería Química: diagrama de flujo del desarrollo del proceso, el equipo calibrado, el control, la economía, la seguridad, las consideraciones ambientales y la presentación de informes y la comunicación. Una característica importante del proyecto es la utilización de modernas herramientas como simuladores del proceso, herramientas matemáticas, paquetes de dibujo, materiales de base de datos y software de oficina para hacer frente a los problemas y generar informes.

Contenidos del curso: Cuarto Año - Parte II B

Los cursos de la parte IIB siguen para dar un entendimiento más profundo de algunos temas fundamentales y para introducir al estudiante a una serie de áreas especializadas de conocimiento de Ingeniería Química. Hay algunas asignaturas obligatorias adoptadas por todos los estudiantes y una amplia gama de opciones.

Asignaturas obligatorias: estas unidades de conferencias abarcan temas que son esenciales para la práctica profesional moderna y de una carrera a largo plazo en la disciplina. La sostenibilidad en Ingeniería Química cubre conferencias de impacto ambiental, análisis del ciclo de vida y considerar cómo las cuestiones de sostenibilidad se puede cuantificar. La unidad titulada estados de la materia discute las propiedades fundamentales de los diferentes grupos de materiales (por ejemplo los polímeros, los sólidos granulares, coloides) y su

interdependencia en el reciclaje. Esta unidad requiere que los estudiantes lean los últimos artículos y comentarios en la literatura científica, el desarrollo de habilidades que son útiles en cualquier carrera basada en la investigación y/o desarrollo.

Proyecto de investigación: en cada parte IIB el estudiante realiza un proyecto de investigación, a menudo en colaboración con otro estudiante, durante el cuarto año. El proyecto es una pieza original de la investigación que está estrechamente supervisado por un miembro del personal. Los proyectos disponibles reflejan las distintas actividades de investigación en el departamento. Pueden involucrar trabajos experimentales, teóricos y/o computacionales. Algunos proyectos apoyan la actividad de investigación, mientras que otras son investigaciones de nuevos programas de investigación. Varios proyectos están patrocinados por las empresas interesadas o son los beneficios derivados de las investigaciones en curso. El éxito de los proyectos puede llevar a los estudiantes a convertirse en los autores de las publicaciones en la literatura científica.

Proyectos opcionales: los estudiantes están obligados a tomar dos de los cuatro temas siguientes:

- El espíritu empresarial y el diseño de los productos
- Dinámica de los fluidos computacional
- Gestión de proyectos
- Una lengua extranjera

Módulos opcionales: estos son cursos de 16 conferencias y los estudiantes están obligados a presentarse a examinarse a seis de ellos en el plazo de Pascua. Los cursos son impartidos por conferencistas especializados en ese

campo particular de investigación. Los temas que se imparten varían de un año a otro y éstos pueden ser:

- Biotecnología avanzada
- Procesos de transporte avanzados
- Catálisis
- Ingeniería electroquímica
- Mecánica de fluidos y del medio ambiente
- Metrología moderna
- Optimización
- Tecnología de partículas
- Reología y procesamiento

c. Universidad Nacional Autónoma de México

1110 08 Álgebra superior

Aplicar correctamente la lógica matemática en el arte de razonar. Comprender los métodos de demostración en matemáticas. Determinar la validez o invalidez de un argumento dado. Plantear y resolver ecuaciones algebraicas y sistemas de ecuaciones lineales. Interpretar las soluciones de las ecuaciones y sistemas de ecuaciones dentro del contexto del problema que dio origen al modelo algebraico construido. Comprender los fundamentos del álgebra lineal.

1111 08 Cálculo I

Conocer los conceptos de límite y continuidad. Comprender la relación entre derivada y límite de una función. Aplicar el concepto de derivada en la construcción de modelos matemáticos donde se den razones de cambio. Aplicar la derivada en la resolución de problemas de química, física y

matemáticas. Comprender la relación entre derivada e integral. Interpretar los conceptos de integral definida e indefinida. Aplicar el cálculo diferencial e integral en la resolución de problemas de química, física y matemáticas.

1112 06 Ciencia y sociedad

Enriquecer la visión que los estudiantes tienen de la ciencia en general y de la química en particular, analizando su impacto en la cultura humana a través de la historia, principalmente en los últimos dos siglos. Promover una conciencia del impacto social de la actividad científica y tecnológica. Mejorar las habilidades de comunicación oral y escrita de los alumnos, por medio de lecturas, ensayos y exposiciones orales basadas en los temas de Ciencia y sociedad.

1113 08 Física I

Introducir con precisión conceptos tan importantes como los de fuerza, trabajo, energía y potencial. Aplicar estos conceptos a problemas básicos de la mecánica teniendo como intención la aplicación en problemas de interés químico.

1114 09 Química general I

Introducir a los estudiantes a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de la química general, que les servirán de base para comprender y profundizar en los diversos temas más complejos de las ramas de la química. Concientizar a los estudiantes de la utilidad e importancia de la química en la vida diaria. Que los estudiantes valoren la química como medio para resolver problemas industriales, ambientales, alimentarios, médicos, económicos, legales, etc. Relacionar las transformaciones de la materia con la tecnología y su impacto en la sociedad. A través del laboratorio se fomentará el trabajo en

equipo, la resolución de problemas abiertos, al respecto al medio ambiente y la integración teoría-práctica.

1205 08 Cálculo II (Req. 1111)

Comprender el concepto de vector y sus aplicaciones. Aplicar la derivada en la construcción de modelos matemáticos que describan diversos fenómenos de la ingeniería y de la química, en los cuales intervengan varias variables. Obtener los límites de integración para integrales dobles y triples. Resolver integrales dobles, triples, de línea y de superficie, e interpretar los resultados obtenidos. Aplicar los teoremas de Green, Stokes y Gauss para obtener ecuaciones como las de continuidad, de calor, etc.

1206 06 Estructura de la materia

Conocer a nivel introductorio algunas de las ideas y de los conceptos centrales asociados con las teorías, modelos y aproximaciones que utilizan los químicos actualmente para abordar el estudio de la estructura de la materia. Adquirir las nociones básicas sobre la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, así como de su aplicación para estudiar la estructura de la materia. Utilizar los conceptos básicos de las teorías del enlace químico en sistemas de interés para los campos de la química orgánica e inorgánica.

1209 08 Física II

El propósito de esta asignatura es proporcionar los elementos básicos del electromagnetismo y aportar los fundamentos para la comprensión de fenómenos principalmente relacionados con los aspectos fisicoquímicos de los procesos químicos. Los estudiantes serán capaces de tener los conceptos básicos de la electrostática; las ideas generales de campo eléctrico y magnético y entenderán las características distintivas de respuesta de las sustancias ante dichos campos.

1210 04 Laboratorio de física (Req. 1113)

Identificar las variables involucradas. Plantear las hipótesis pertinentes. Seleccionar el equipo adecuado. Diseñar un dispositivo experimental que permita encontrar la solución. Encontrar la relación funcional entre variables. Calcular e informar la incertidumbre en las mediciones y los resultados. Establecer el intervalo de validez del modelo. Establecer un principio físico. Manejar adecuadamente el equipo. Elaborar el informe escrito.

1211 08 Química general II (Req. 1114)

Se pretende que al finalizar el curso, los alumnos: Apliquen los conceptos de la estequiometría en la resolución de problemas que impliquen balances de materia en reacciones cuantitativas y no-cuantitativas. Establezcan las condiciones que determinan los aspectos macroscópicos de un sistema en equilibrio y predigan cualitativamente el sentido del desplazamiento de la condición de equilibrio. Apliquen los conocimientos del equilibrio-químico en la predicción de reactivos y productos. Desarrollen habilidades conceptuales, procedimentales y actitudinales a través de la integración del trabajo teórico práctico. A través del trabajo en el laboratorio se fomentará el trabajo en equipo, la resolución de problemas abiertos y respecto al ambiente

1212 11 Termodinámica

Al finalizar el curso, los alumnos describirán las variables termodinámicas fundamentales. Describirán las ecuaciones de estado y las relaciones entre ellas. Aplicarán el papel del formalismo termodinámico como integrador de los conceptos presentados en este curso. Establecerán ecuaciones de estado y ecuaciones fundamentales para algunos sistemas sencillos. Evaluarán cantidades termodinámicas empleando ecuaciones de estado así como información tabular y gráfica. Establecerán parámetros de equilibrio para algunos procesos fisicoquímicos.

1307 08 Ecuaciones diferenciales (Req. 1111)

Plantear problemas de naturaleza dinámica en física, química, fisicoquímica e Ingeniería Química, en donde las ecuaciones diferenciales se usan como modelo matemático. Identificar las hipótesis que sustentan a la ecuación diferencial como modelo del fenómeno que analiza. Desarrollar adecuadamente los métodos de solución de ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, ecuaciones diferenciales de segundo orden, ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden con coeficientes variables (método de series), sistemas de ecuaciones lineales de primer orden. Interpretar los resultados obtenidos.

1308 09 Equilibrio y cinética (Req. 1212)

Analizar sistemas termodinámicos en los que se establecen condiciones de equilibrio químico y físico (homogéneo y heterogéneo), así como el estudio de los aspectos empíricos de la cinética química, datos cinéticos y variables con las que predecirán los cambios de composición en función del tiempo para sistemas reaccionantes. Al finalizar el curso los alumnos: Predecirán rendimientos teóricos en procesos químicos (y físicos) en sistemas homogéneos y heterogéneos. Construirán, manejarán e interpretarán diagramas de fases de uno y dos componentes. Predecirán los cambios de composición en función del tiempo para sistemas reaccionantes.

1310 09 Química inorgánica I (Req. 1206)

Estudiar la periodicidad química (propiedades físicas y químicas de los elementos) como función de la estructura atómica de los elementos químicos. Describir a la materia desde el punto de vista estructural y de reactividad química empleando para ello, los modelos de interacción que mejor expliquen las propiedades observables. Explicar el comportamiento de las sustancias a partir de principios químicos fundamentales. Usar todo lo anterior para adquirir y

asimilar información sobre el comportamiento de sustancias inorgánicas comunes.

1311 10 Química orgánica I (Req. 1206)

Al finalizar el curso, los alumnos: Establecerán la relación de la química orgánica con otras ciencias. Conocerán el impacto de la química orgánica en la sociedad moderna. Representarán correctamente la estructura de las moléculas en el espacio. Se expresarán, usando un vocabulario correcto sobre diversos aspectos relacionados con la estructura de alcanos, cicloalcanos, alquenos, alquinos y dienos. Conocerán las propiedades físicas y químicas de alcanos, cicloalcanos, alquenos, alquinos y dienos. Conocerán y adquirirán destreza en las principales técnicas de aislamiento y purificación de compuestos orgánicos.

1316 10 Balances de materia y energía (Req. 1212)

El alumno conocerá los diferentes sistemas de unidades y será capaz de efectuar transformaciones de unidades correctamente. Conocerá el manejo de fluidos y composición. El alumno conocerá la simbología básica para representar procesos en la Ingeniería Química. El alumno será capaz de representar un problema físico esquemáticamente, identificado las corrientes, los procesos y las variables que participan. Conocerá los procedimientos para plantear las ecuaciones de balance de materia y energía en sistemas con y sin la presencia de reacciones químicas, cerrados o abiertos, así como la vinculación de estas ecuaciones con las variables del problema de balance. El alumno será capaz de identificar las restricciones adicionales necesarias para el correcto planteamiento de un problema de balance de materia o energía y conocerá los procedimientos de solución. El alumno desarrollará la habilidad de utilizar información disponible en tablas, diagramas, monogramas, etc.; así como modelos y correlaciones.

1400 08 Estadística

Identificar y ejemplificar los conceptos básicos de estadística. Reconocer los procedimientos de los métodos estadísticos contenidos en el programa e integrar su resultado. Describir y aplicar métodos estadísticos generales para interpretar resultados provenientes de situaciones prácticas en las distintas áreas de su campo profesional que se presenten, tanto en forma gráfica como analítica. Describir la utilidad de los diferentes métodos estadísticos contenidos en el programa. Identificar la pertinencia de aplicación de cada método estadístico contenido en el programa, en las diferentes áreas de su campo profesional.

1402 09 Química analítica I (Req. 1211)

Identificar los conceptos químicos y físicos requeridos en el proceso analítico total y poder realizar cálculos para relacionar la medición de una disolución con la concentración de los solutos en la misma, a fin de que esta información permita inferir el contenido en una muestra. Saber relacionar el resultado de una medición física con el contenido de un componente en una muestra a disolución. Inferir, de la información obtenida, el grado de avance de una reacción química y las posibilidades de controlar un proceso químico. Saber distinguir entre equilibrios homogéneos y heterogéneos y entre sistemas de un solo componente o multicomponentes y aplicar estos conceptos a la predicción cualitativa de procesos químicos y a las posibles formas de controlar un proceso químico.

1411 09 Química orgánica II (Req. 1311)

Los alumnos se expresarán, usando un vocabulario correcto, sobre diversos aspectos relacionados con la estructura de los compuestos aromáticos, los halogenuros de alquilo, los alcoholes, los fenoles, los éteres, los aldehídos, las cetonas, los ácidos carboxílicos y sus derivados y las aminas. Conocerán las

propiedades físicas y químicas de los compuestos aromáticos, los halogenuros de alquilo, los alcoholes, los fenoles, los éteres, los aldehídos, las cetonas, los ácidos carboxílicos y sus derivados y las aminas. Realizarán experimentalmente algunas prácticas relacionadas con la síntesis o bien las propiedades químicas de los compuestos aromáticos, los halogenuros de alquilo, los alcoholes, los fenoles, los ésteres, los aldehídos, las cetonas, los ácidos carboxílicos y sus derivados y las aminas.

1424 06 Métodos numéricos

Describir los principales modelos matemáticos y clasificarlos según el tipo al que correspondan. Distinguir los casos en los cuales es más conveniente el uso de una técnica numérica para la resolución de un modelo matemático. Describir las técnicas numéricas más utilizadas en la resolución de modelos matemáticos. Identificar el tipo de modelo que se desea resolver y seleccionar la técnica numérica más apropiada. Programar y utilizar un procesador electrónico en la resolución de problemas numéricos.

1426 10 Termodinámica química (Req. 1308)

La termodinámica, para el ingeniero químico, debe centrarse en promover el entendimiento de los conceptos teóricos y empíricos a través del uso de las leyes de la termodinámica y el concepto de equilibrio, con la finalidad de que el alumno aplique estas herramientas para resolver problemas de la Ingeniería Química.

1428 06 Transferencia de momentum (Req. 1307)

Estudiar los principios que rigen la transferencia de momentum, 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 dos propiedades conservativas que se estudian en la carrera de

Ingeniería Química: energía y masa. Desarrollar las capacidades analíticas y de abstracción que permitan plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos de transferencia de momentum, mediante una perspectiva unificada de los fenómenos de transporte para resolver una mayor variedad de problemas tanto teóricos como prácticos. Los conocimientos adquiridos en este curso servirán de base para el estudio de equipos, procesos y sistemas que se presentarán en los cursos de ingeniería de fluidos y transporte de energía y en cursos posteriores relacionados con el diseño, control u optimización de procesos que involucren en alguna de sus etapas la transferencia de momentum.

1538 06 Cinética química y catálisis (Req. 1308)

Comprender el carácter experimental del estudio de la cinética química y la catálisis. Describir las transformaciones químicas y catalíticas en función del tiempo. Deducir los métodos de cálculo que permitan establecer las ecuaciones de rapidez de las reacciones. Conocer los modelos de interpretación a nivel molecular de los fenómenos cinéticos. Conocer la importancia de la catálisis homogénea, heterogénea y enzimática en la industria química de México para proponer soluciones creativas.

1539 06 Economía y sociedad

Que el alumno conozca los aspectos que afectan el ahorro y el gasto público, la formación de capital y las inversiones, el rendimiento y grados de riesgo, trabajo manual e intelectual, su participación profesional y el impacto en diferentes niveles de consumo. Identificar el impacto de las tendencias y modelos económicos en avances o descubrimientos y sus posibles aplicaciones. Analice las interacciones que presenta el momento económico en la situación social y nivel cultural. Reconozca el sentido de valor agregado, generación y distribución

de la riqueza. Identifique las relaciones económicas entre poder público e iniciativa privada

1540 06 Electroquímica

Identificar e interpretar las ideas fundamentales de la electroquímica: la conductividad electrónica y la conductividad iónica, las reacciones de óxido-reducción en interfase, el potencial de electrodo, la polarización y el sobrepotencial, la interfase electrificada, el electrón como reactivo “limpio” en las reacciones químicas heterogéneas y la transferencia de carga (corriente eléctrica) en los procesos de cinética electródica. Distinguir las condiciones de equilibrio y no equilibrio en los procesos de electrodo (termodinámica y ecuación de Nernst vs. cinética electródica). Valorar la trascendencia de la electroquímica como una disciplina de punta y de gran relevancia dentro de las tecnologías limpias.

1542 06 Fenómenos de superficie

Que el estudiante aprenda el conocimiento básico suficiente, para poder darse una explicación satisfactoria y cercana al consenso científico de los fenómenos de superficie y sistemas dispersos que existen en su entorno. Que el estudiante aplique estos conocimientos en procesos industriales. Despertar en el estudiante el interés por continuar su desarrollo en este campo tanto en la investigación como en la aplicación tecnológica del conocimiento adquirido.

1543 07 Ingeniería de fluidos (Req. 1428 y 1316)

Al finalizar el curso, los alumnos resolverán problemas prácticos de diseño, análisis y optimización de sistemas de transporte de fluidos compresibles e incompresibles en tuberías, de interés en la industria química de procesos. Seleccionar y evaluar el comportamiento de equipos para el manejo de fluidos (bombas, compresores, ventiladores, etc). Seleccionar los medidores y válvulas

para el control de flujo en sistemas de manejo de fluidos. Resolución de problemas de sistemas en dos fases líquido vapor y gas líquido. Determinar los requerimientos básicos para la especificación de sistemas de agitación de líquidos en recipientes.

1544 03 Laboratorio de Ingeniería Química I

Que el alumno adquiera a través de la observación, el manejo y medición de variables experimentales en un sistema de procesos, la capacidad para aplicar el principio fundamental de conservación de la materia y energía en su expresión de balance, a procesos abiertos en régimen permanente o transitorio, con o sin recirculación, con o sin reacción química. Elaborar hojas de balance para presentar organizadamente la información experimental de sus variables y corrientes del proceso, que lo describen y cuantifican. Caracterizar las propiedades de los flujos. Analizar el comportamiento del flujo de fluidos a través de tuberías.

1547 06 Transferencia de energía (Req. 1307)

El curso de transferencia de energía está enfocado a que los alumnos: adquieran los conocimientos de los principios físicos fundamentales de la transferencia de energía y establezcan una relación entre estos principios y el comportamiento de sistemas térmicos de naturaleza diversa y propia del campo de la Ingeniería Química. Desarrollen sus capacidades analíticas y de abstracción que les permita plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos de transferencia de energía, mediante una perspectiva unificada de los fenómenos de transporte para resolver una mayor variedad de problemas tanto teóricos como prácticos. Los conocimientos adquiridos en este curso servirán de base para el estudio de equipos, procesos y sistemas térmicos que se presentarán en el curso de ingeniería de calor y en cursos

posteriores relacionados con el diseño, control u optimización de procesos que involucren en alguna de sus etapas de transferencia de energía.

1640 07 Ingeniería de calor (Req. 1547)

Al finalizar el curso, los alumnos aplicarán los fundamentos teóricos en los que se apoya la operación unitaria de transferencia de calor, para seleccionar y especificar aislantes térmicos y resolver problemas tipo, relacionados con el diseño y análisis de equipos de transferencia de calor (tales como cambiadores de calor con superficies lisas y extendidas, serpentines de calentamiento, recipientes enchaquetados, calentadores a fuego directo, etc.), prepararán hojas de especificaciones para el dimensionamiento térmico de equipos de transferencia de calor, integrarán sistemas de aprovechamiento de energía en una planta industrial, tendientes a una optimización de los sistemas, interpretarán los datos del comportamiento de equipos de transferencia de calor y efectuarán análisis sobre la eficiencia de los mismos y su desviación del comportamiento esperado.

1642 06 Ingeniería de reactores I (Req. 1538)

Comprender el carácter experimental de la cinética química. Describir las transformaciones químicas en función del tiempo. Establecer ecuaciones de rapidez de reacciones homogéneas. Establecer modelos ideales de reactores. Diseñar y analizar comportamiento de reactores homogéneos.

1643 06 Ingeniería económica I

Los alumnos podrán explicar los aspectos generales de la economía, las variables involucradas, y entender algunas causas y efectos a nivel nacional. Conocer los conceptos de índole económica que se manejan en el entorno profesional enfatizando la comercialización de productos químicos y similares. Distinguir la forma en que se organizan las empresas para lograr sus objetivos.

Entender la información contable fundamental y el conocimiento de los mercados para la comercialización de productos químicos. Pueda identificar los principios de competitividad de las empresas en sus proyectos de inversión, innovación o mejora.

1644 04 Laboratorio unificado de fisicoquímica I

Demostrar, comprobar y practicar los conceptos más importantes contenidos en los cursos de fenómenos de superficie, electroquímica y cinética química y catálisis, de una manera unificada, esto es, considerando su integración en una serie de prácticas y proyectos para la resolución de un problema.

1646 03 Laboratorio de Ingeniería Química II

Que, el alumno, a través de la observación, el manejo y la medición de variables experimentales en sistema de flujo de fluidos, tenga la capacidad para aplicar los balances de energía mecánica en los diferentes sistemas de flujo. Relacionar las variables hidráulicas, mecánicas y eléctricas para determinar la eficiencia de diferentes pares motor–bomba. Analizar los diferentes arreglos de bombas en serie y en paralelo en un sistema de flujo para proponer el mejor arreglo. Identificar y cuantificar los diferentes mecanismos de transferencia de calor con el objeto de obtener propiedades de transporte. Distinguir y evaluar el efecto en la transferencia de calor que tienen los diferentes arreglos de las corrientes de flujo en un sistema de intercambio de calor. Describir mediante la evaluación de los coeficientes individuales y el coeficiente total de transferencia de calor en sistemas con y sin cambio de fase, los alcances y limitaciones operativos de equipos de transferencia de calor, a fin de obtener las mejores condiciones de operación.

1649 06 Transferencia de masa (Req. 1649)

Estudiar 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 dos propiedades conservativas que se estudian en la carrera de Ingeniería Química: momentum y energía. Desarrollar las capacidades analíticas y de abstracción que permita 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. Los conocimientos adquiridos en este curso servirán de base para el estudio de equipos, procesos y sistemas que se presentarán en los cursos de procesos de separación e ingeniería de reactores y en cursos posteriores relacionados con el diseño, control u optimización de procesos que involucren en alguna de sus etapas de transferencia de masa.

1740 07 Ingeniería de reactores II (Req. 1740)

Explicar el papel que juega el reactor catalítico en los procesos de transformación. Establecer tamaño y forma conveniente de los catalizadores sólidos. Explicar el efecto de las principales variables de operación sobre el comportamiento de los reactores catalíticos. Calcular las dimensiones de reactores catalíticos heterogéneos y establecer las condiciones necesarias para su operación.

1742 06 Ingeniería ambiental

Proporcionar los conocimientos necesarios para prevenir, controlar y remediar la contaminación ambiental provocada por procesos industriales. Los objetivos específicos incluyen la revisión del marco jurídico nacional e internacional en materia de contaminación ambiental, la revisión del contexto nacional e

internacional de 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. Durante el curso, se discutirán técnica, social y económicamente el problema de la contaminación ambiental y la función del ingeniero químico para prevenirlo o para coadyuvar en su resolución., Finalmente, se iniciará al alumno en el conocimiento de 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 (ISO 14000 e ISO 9000). Se hace énfasis en los criterios de selección (y cálculo) de tecnologías y equipos para el control de la contaminación genera

1743 06 Ingeniería económica II

Conocer las bases técnico – económicas para administrar una empresa, una sección, un proyecto o el desarrollo de una investigación o producto. Presentar la dimensión amplia para la identificación y uso apropiado de los recursos necesarios para la productividad de un negocio. Integrar los aspectos que dan sentido a la información financiera como complemento a las responsabilidades profesionales. Identificar la importancia de la planeación, el control y su seguimiento. Conocer los mecanismos que dan cohesión y éxito a las organizaciones. Definir el alcance de un plan de negocios y su aplicación.

1749 03 Laboratorio de Ingeniería Química III

Que el alumno, 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 transporte de masa presentes en la interfase. Aplicar las separaciones mecánicas, por etapas de equilibrio, por contactos continuo y discontinuo. Aplicar los criterios del 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.

1750 10 Procesos de separación (Req. 1649)

Podrán identificar, comprender y analizar correctamente las operaciones de separación y transferencia de masa. Resolver correctamente problemas relacionados con el cálculo en las operaciones de transferencia de masa y en operaciones con etapas en equilibrio tanto para sistemas binarios como multicomponentes. Llevar a cabo el diseño y dimensionamiento de absorbedores, columnas de destilación, operaciones aire-agua, operaciones de secado. Describirán correctamente los fundamentos teóricos sobre los que están basadas estas operaciones unitarias.

1817 10 Diseño de procesos (Req. 1750)

El objetivo del curso es que el alumno se familiarice con el enfoque moderno y sistemático para el diseño de procesos y el desarrollo de herramientas para llevar a cabo la síntesis, el análisis y la optimización de procesos. Asimismo en el desarrollo de habilidades y aptitudes para entender las decisiones involucradas en la generación, análisis y evaluación de esquemas de proceso, así como en el desarrollo de aptitudes para llevar la solución de los diferentes problemas de modelado que son generados en el diseño de proceso y la utilización de las herramientas computacionales más apropiadas a cada problema, simuladores de procesos, optimizadores, integradores, etc.

1819 07 Dinámica y control de procesos

Al finalizar el curso, los alumnos: analizarán y explicarán la dinámica de los sistemas de Ingeniería Química. Explicarán el concepto de estabilidad dinámica de los procesos. Establecerán modelos matemáticos dinámicos de sistemas de Ingeniería Química a partir de las leyes que describen su comportamiento. A partir de los modelos matemáticos obtendrán funciones de transferencia. Resolverán las ecuaciones que conforman el modelo matemático que describen los sistemas de Ingeniería Química. Sintetizarán diagramas de bloques de sistemas de control automático. Aplicarán diferentes técnicas para el diseño de los sistemas de control. Se familiarizarán con equipos de control comercial.

1823 03 Laboratorio de Ingeniería Química IV

Que el alumno a través de la observación, manipulación y medición de variables experimentales sea capaz de: analizar la cinética y su efecto en el coeficiente de transferencia de masa en un sistema de absorción con reacción química. Analizar el comportamiento de un sistema reaccionante, con el fin de identificar el equilibrio químico en una reacción. Valorar los grados de conversión de diversos tipos de reactores. Aplicar las ecuaciones de diseño de diferentes tipos de reactores. Evaluar los parámetros de comportamiento dinámico para un proceso u operación unitaria.

1824 06 Taller de problemas

Que los alumnos apliquen los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación como ingenieros químicos en una actividad integradora de las diferentes disciplinas, para analizar, resolver problemas y proponer soluciones a un proceso industrial. En este sentido, los alumnos se enfrentarán a problemas asociados a la mejora de un proceso industrial, como un mayor nivel de complejidad que los que se plantean en las otras asignaturas y que requieren la integración de conocimientos. Partirán de un esquema básico que analizarán,

en primera instancia, con la finalidad de explicar los fundamentos del proceso. Posteriormente, deberán proponer soluciones que mejoren el desempeño del proceso, tanto técnica como económicamente. Las soluciones deberán cumplir con tres premisas fundamentales: la factibilidad técnica del proceso; la factibilidad económica y la minimización del impacto ambiental. Además, durante las actividades del taller se fomentará el trabajo en equipo y la capacidad de análisis y toma de decisiones.

1912 07 Ingeniería de proyectos (Req. 1817)

Esta materia es esencialmente de aplicación y tiene como objetivos: proporcionar a los alumnos los conocimientos necesarios para desarrollar la ingeniería conceptual, básica y de detalle para una planta química, tomando en cuenta los principios básicos de la administración de proyectos, así como propiciar el desarrollo de diversas habilidades necesarias en su ejecución, como son la integración de los diversos conocimientos adquiridos durante la carrera y la capacidad de interactuar con otras disciplinas de la ingeniería tales como ingeniería civil, eléctrica, electrónica y mecánica, de instrumentación y de tuberías.

Asignaturas optativas sociohumanísticas

0096 06 Filosofía de la ciencia

Entender cómo se construye la ciencia y qué hace al conocimiento científico tan importante en nuestras sociedades considerando que, la química, al igual que el resto de las ciencias naturales, es una actividad primordialmente humana y por lo tanto no puede ser desligada de su entorno social ni mucho menos, de su historia y de su filosofía.

0097 06 Fundamentos de administración

Conocer las bases para administrar una empresa, una sección, un proyecto o el desarrollo de una investigación o producto. Presentar la dimensión amplia para la identificación y uso apropiado de los recursos necesarios para una buena administración. Integrar los aspectos que dan sentido a la administración como complemento a las responsabilidades profesionales. Identificar la importancia de la planeación y su seguimiento. Conocer los mecanismos que dan cohesión y éxito a las organizaciones.

0098 06 Fundamentos de derecho

Proporcionar elementos básicos simples que permitan conocer el espíritu de las actividades jurídicas del entorno. Interpretar el entorno jurídico nacional e internacional en la aplicación de leyes y reglamentos que intervienen en la actividad general del profesional relacionado con la química. Ofrecer un somero conocimiento de las ventajas o riesgos que implica el respeto al margen legal. Describir los derechos y obligaciones que norman a particulares y poder público. Impulsar la visión amplia del derecho para lograr un orden social y respeto por las instituciones.

0099 06 Pensamiento y aprendizaje

Discutir, seleccionar y aplicar los diferentes procesos y técnicas de pensamiento y aprendizaje. Definir los elementos que componen los diferentes procesos de pensamiento y aprendizaje. Discutir las ventajas de aprender a aprender. Discutir las ventajas de ser un pensador excelente. Emplear las técnicas y tácticas de los pensamientos crítico y creativo.

0100 06 Psicología del trabajo humano

Reconocer el desarrollo histórico que ha tenido el trabajo. Lograr cambios de conducta en el trabajo al aplicar los principios de las relaciones humanas. Determinar la importancia de los valores como antecedentes legales de derechos y obligaciones de los trabajadores según la organización jerárquica de la empresa. Aprender a valorar y respetar las diferencias individuales. Conocer la influencia del entorno en el desempeño profesional.

0101 06 Regiones socioeconómicas

Que el alumno: identifique los factores que intervienen para definir las regiones socioeconómicas en general y de México en particular. Conozca los aspectos fundamentales de la economía. Enuncie los elementos que influyen para que una región socioeconómica sea más viable para decisiones de inversión en función de sus factores de producción. Se sensibilice acerca de la sinergia: procesos productivos-medio ambiente. Pueda definir las ventajas y oportunidades de aprovechar recursos.

0102 06 Relaciones humanas

Al finalizar el curso el alumno: 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.

0103 06 Teoría de la organización

Entender la evolución de las organizaciones ante la diversidad de las personas que participan y los cambios tecnológicos. Describir y diferenciar los tipos de organizaciones y el papel participativo del individuo. Conocer los elementos que

intervienen dentro de la organización y hacia el entorno. Identificar los aspectos estructurales de autoridad de control y de efectividad en los grupos de trabajo.

0104 06 Comunicación científica

Un aspecto central del quehacer científico es la comunicación que se hace de sus resultados. Cómo comunicar los resultados al público en general, en este curso se aborda este problema –la divulgación científica- a través del estudio de algunos de sus clásicos. El enfoque es predominantemente en la comunicación escrita aunque se hace una breve referencia a otros medios. La parte principal del curso es la lectura y discusión de documentos clásicos. La lista se propone con la intención de enriquecerla y modificarla permanentemente.

Asignaturas optativas disciplinarias

Biología

0142 04 Biotecnología

Familiarizar al alumno con los nuevos desarrollos biotecnológicos en las áreas de alimentos, farmacéutica y médica. Conocer la aplicación de la tecnología del ADN recombinante para la modificación de microorganismos, plantas y animales con el fin de obtener nuevos productos de aplicación industrial. Obtener criterios para determinar la seguridad de los productos obtenidos con estas metodologías.

0147 08 Tecnología enzimática

Describir el mecanismo de actividad enzimática y los factores que determinan la velocidad de catálisis. Revisar los métodos de producción de biocatalizadores y

su aplicación en biorreactores. Describir los procesos industriales en los que se aplican enzimas.

0222 04 Laboratorio de microbiología

Estructurar un panorama general en torno al trabajo asociado a la microbiología industrial. Desarrollar buenas prácticas en el laboratorio de microbiología. Aplicar las técnicas básicas para el estudio de los microorganismos. Seleccionar condiciones nutricionales y de cultivo para los diferentes grupos microbianos. Aplicar correctamente agentes físicos y químicos para regular el crecimiento y control microbianos. Caracterizar a los microorganismos en función de sus requerimientos nutricionales y de su metabolismo. Llevar a cabo fermentaciones alcohólica y láctica. Obtener biomasa, metabolitos primarios y secundarios.

0254 06 Microbiología general

Explicar la importancia de los microorganismos en la vida y su estudio. Reconocer los grupos microbianos y diferenciar cada uno de ellos por sus características morfológicas y fisiológicas. Enumerar los criterios para la clasificación de los microorganismos. Describir las interacciones de los microorganismos con el medio ambiente, otros microorganismos y el hombre. Analizar las técnicas utilizadas para el estudio de los microorganismos y describir sus fundamentos. Aplicar correctamente los métodos de control de crecimiento microbiano y determinar el uso de los mismos en diferentes casos. Explicar las bases de la recombinación genética y sus consecuencias.

Química

0206 08 Bioquímica general

El alumno conocerá y comprenderá de manera general los procesos químicos más significativos en la estructura y función celular, las diferencias y semejanzas entre células procariotas y eucariotas e identificará las relaciones evolutivas entre ambas. La comprensión de en qué consiste, cómo se transmite y cómo se expresa la información genética.

Ingeniería Química

0204 06 Administración del riesgo

A través de la administración de proyectos, enseñar al estudiante a desarrollar habilidades para identificar los riesgos que impactarán en el proyecto, saber cómo valorarlos y aprender a desarrollar las respuestas para su control. Que el estudiante comprenda qué eventos de incertidumbre existen en cualquier ambiente de proyectos, y cómo se puede influir en los resultados del proyecto, convirtiendo la incertidumbre en eventos de probabilidad. Enseñar al estudiante qué debe de hacer para administrar el riesgo; que identifique cuáles son los riesgos y disparadores, su severidad, probabilidad e impacto económico, cuáles deben de ser las acciones que tienen que realizar para administrar el riesgo y llevar su monitoreo y control, para aplicar las acciones correctivas adecuadas.

0205 06 Administración de proyectos

Conocer y aplicar las funciones de la administración para dirigir los esfuerzos de un grupo de personas integradas en un equipo de trabajo para el logro de un proyecto de ingeniería para la industria química.

0207 06 Catálisis I

Los alumnos explicarán la importancia de la catálisis heterogénea en procesos químicos, comprenderán cómo se relaciona la estructura de los materiales con la reactividad catalítica y los factores que lo modifican. Conocerán los principales métodos de preparación de catalizadores, la caracterización básica de los mismos y las expresiones para la actividad y selectividad de reacciones catalíticas. Los alumnos deberán ser capaces de utilizar los conceptos enseñados para explicar el comportamiento de sistemas catalíticos específicos.

0212 06 Catálisis II

El alumno conocerá y comprenderá los principios fisicoquímicos de las etapas que se requieren para llevar un catalizador desde el laboratorio hasta su aplicación industrial.

0213 06 Diseño de equipo

Dar al alumno los conocimientos necesarios para traducir los resultados del dimensionamiento básico del equipo de proceso, en documentos de diseño que le permitan seleccionar el equipo más adecuado y especificarlo técnicamente, tomando en cuenta los aspectos del proceso y los relacionados con la parte mecánica y eléctrica asociada, incorporando el empleo adecuado de los códigos, normas y estándares de diseño relacionados con el equipo de que se trate. Proporcionar al alumno los criterios necesarios para diseñar el equipo de tal manera que considere la viabilidad de ser fabricado, transportado, instalado y operado en forma confiable y económica. Desarrollar en el alumno la capacidad de comunicar los resultados del diseño a través de hojas de datos, dibujos y especificaciones claras.

0218 10 Ingeniería bioquímica

Familiarizar a los estudiantes con los fundamentos de la ingeniería bioquímica y los bioprocesos. Las unidades están diseñadas para interesar al estudiante en profundizar más en esta importante área profesional de la Ingeniería Química.

0219 06 Ingeniería de sistemas I

La teoría de sistemas, considera la necesidad de analizar los fenómenos bajo la óptica de un conjunto interrelacionado de elementos, que permiten acceder a la epistemología de un sistema y de sus procedimientos de análisis, síntesis y modelación. La ingeniería de sistemas puede definirse como la intersección de diferentes áreas científicas y tecnológicas, de la investigación de operaciones, de los sistemas de información y de las estrategias globales de una empresa o de una organización, así como de sus estrategias tecnológicas, entre otras. Durante el curso, el alumno aprenderá y aplicará los conceptos y principios más importantes de la teoría de sistemas y enseguida de la ingeniería de sistemas, en particular, de la ingeniería de los sistemas industriales. Los estudios de caso en donde encontrarán aplicación práctica tanto la teoría de sistemas como la ingeniería de los sistemas industriales, completarán el aprendizaje y los procedimientos lógicos del nuevo discurso del análisis, síntesis y modelación de fenómenos complejos.

0220 06 Ingeniería de sistemas II

La investigación en el campo de la estrategia de una organización puede, desde un punto de vista global, dividirse en aquella que se interesa en el contenido de la estrategia y la que privilegia el proceso de decisión. Sobre la primera, es importante que el alumno conozca y se prepare sobre el concepto de intención estratégica y competencias básicas así como en el enfoque cognoscitivo del proceso de decisión estratégica. De lo anterior sobresale que la estrategia de una organización debe sobre todo, ser comprendida como una emanación de

las estrategias de actores que se articulan y se concretan en la acción. La estrategia de la organización emerge de las interdependencias y de las interacciones entre actores a través de un procedimiento racional colectivo.

0221 06 Introducción a la ciencia de polímeros

Al finalizar el curso, los alumnos explicarán los procesos de síntesis de macromoléculas, incluyendo mecanismos de reacción en reactores intermitentes, continuos y semicontinuos. Además manejarán las principales técnicas de caracterización de materiales poliméricos y analizarán las aplicaciones, manejo y formulación de polímeros en el campo de los plásticos, fibras, elastómeros, recubrimientos y adhesivos.

0237 03 Laboratorio de catálisis

Los alumnos aplicarán los conocimientos adquiridos en los cursos teóricos del módulo, para llevar a cabo en el laboratorio la síntesis, caracterización y evaluación catalítica de un catalizador.

0238 03 Laboratorio de polímeros I

Aplicar en sistemas reales los conocimientos adquiridos en los cursos de polímeros así como la integración de los conceptos de los cursos fundamentales de Ingeniería Química, con el objeto de empatar la experiencia práctica con los modelos matemáticos desarrollados a partir de ecuaciones de cambio - primeros principios, balances de especies y calor – de los procesos relacionados a la ciencia de los polímeros. Este primer curso se ha enfocado primordialmente a los aspectos de síntesis y caracterización de polímeros.

0239 03 Laboratorio de polímeros II

Aplicar en sistemas reales los conocimientos adquiridos en los cursos de polímeros así como la integración de los conceptos de los cursos fundamentales de Ingeniería Química, con el objeto de empatar la experiencia práctica con los modelos matemáticos desarrollados a partir de ecuaciones de cambio – primeros principios, balances de especies y calor – de los procesos relacionados a la ciencia de los polímeros. Este curso primordialmente se enfoca a los aspectos de caracterización reológica y procesos de transformación de materiales poliméricos.

0256 06 Matemáticas aplicadas I

0265 06 Matemáticas aplicadas II

0267 06 Matemáticas aplicadas III

Estos cursos están enfocados a que el alumno: profundice sus conocimientos en las propiedades, métodos y soluciones de las ecuaciones diferenciales, tanto ordinarias como parciales. Sea capaz de aplicar estos conocimientos en el análisis y solución de problemas de Ingeniería Química. Desarrolle o mejore sus capacidades analíticas y de abstracción que le permitan plantear y analizar problemas para el desarrollo de modelos específicos en las diversas áreas de la Ingeniería Química.

0272 06 Modelado y simulación de procesos poliméricos

Aplicar los conocimientos adquiridos en los cursos de polímeros previos, así como la integración de los conceptos de los cursos fundamentales de Ingeniería Química, con el objeto de desarrollar modelos matemáticos a partir de ecuaciones de cambio (primero principios, balances de especies y de energía) de los procesos relacionados a la ciencia de los polímeros. Se considera principalmente la resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales mediante

programación, paquetes matemáticos o simuladores de procesos de polimerización comerciales o propios.

0273 06 Protección ambiental I

Reforzar los conocimientos teóricos sobre aspectos básicos de la contaminación atmosférica y la asociada a residuos sólidos así como a la contaminación asociada a las sustancias y residuos peligrosos. El alumno profundizará en el conocimiento del marco jurídico y legal además de la normatividad vigente asociadas a los tipos de contaminación antes mencionadas. En el laboratorio, el alumno realizará prácticas que le permitirán conocer las técnicas analíticas más usuales para la evaluación y control de la contaminación por emisiones gaseosas. También conocerá las técnicas analíticas utilizadas para la clasificación, manejo y reciclaje de algunos residuos sólidos. Por otro lado, el alumno incursionará en el manejo de las técnicas analíticas para la clasificación de sustancias y residuos peligrosos.

0274 06 Protección ambiental II

Cuantificación, control, manejo y prevención de la contaminación de agua y de suelos. Deberá ser capaz de establecer estrategias para el acondicionamiento y tratamiento de agua y de aguas residuales a partir de los resultados de los análisis químicos y fisicoquímicos aplicados a éstas. Aprenderá a manejar y a tratar los lodos fisicoquímicos y/o biológicos que se generan en los sistemas de tratamiento de aguas. Por otro lado, con base en las características de los suelos y de los contaminantes presentes en éstos, el alumno deberá ser capaz de establecer conceptualmente técnicas que permitan una adecuada recuperación de un suelo para un objetivo específico.

0275 06 Protección ambiental III

El alumno adquirirá conocimientos teóricos y desarrollará habilidades que le permitirán profundizar por cuenta propia en el manejo de herramientas ambientales, como son, las auditorías ambientales y los estudios de impacto ambiental. De igual forma, le permitirán conocer el contenido e importancia de los procedimientos ISO 9000 e ISO 14000. Se pretende que al final del curso el alumno sea capaz de integrarse y/o dirigir a equipos de trabajo multidisciplinarios que realicen proyectos de prevención, control y gestión de la contaminación en la industria mediante la aplicación de procedimientos estandarizados, todo lo anterior con dos enfoques principales siendo el primero el cumplimiento de la legislación y normatividad ambiental vigente y el segundo enfoque siendo la protección al ambiente mediante la aplicación de técnicas de prevención, manejo y control de la contaminación maximizando el reúso y reciclaje de insumos y subproductos y minimizando la emisión de desechos líquidos, sólidos y gaseosos.

0276 06 Reología y procesamiento de polímeros

El curso de reología y procesamiento de polímeros está enfocado a que los alumnos: adquieran los conocimientos de los principios físicos fundamentales de la reología y de las operaciones de procesamiento de polímeros. Establezcan el papel que desempeñan las propiedades reológicas durante el procesamiento de polímeros. Sean capaces de caracterizar un fluido viscoelástico e interpretar datos reológicos. Conozcan las principales operaciones de procesamiento de polímeros. Esta asignatura permite integrar conocimientos de las otras materias del área de polímeros y de materias específicas de Ingeniería Química. Por el tipo de problemas que se analizarán se requiere del conocimiento y aplicación de los fenómenos de transporte y, por su enfoque práctico, de los cursos de ingeniería, básicamente de ingeniería de

fluidos e ingeniería de calor, sin descartar procesos de separación e ingeniería de reactores.

Económico – Administrativa

0214 06 Economía y administración I

El alumno al finalizar el curso, tendrá un mayor conocimiento del desarrollo de mercados internacionales, completando los puntos aprendidos en la Ingeniería económica I, así como un conocimiento de técnica y herramientas que buscan la excelencia en las empresas.

0215 06 Economía y administración II

Al finalizar el curso el alumno, tendrá un panorama claro de las finanzas políticas y tendrá una serie de conceptos fundamentales sobre las tareas financieras dentro de una empresa y su relación con el mercado de capitales.

Integración

0216 24 Estancia académica

Integrar los conocimientos adquiridos previamente para participar en un proyecto académico específico. Definir los parámetros y metodología que faciliten el desarrollo del proyecto. Realizar las acciones requeridas para alcanzar satisfactoriamente los objetivos del proyecto. Obtener un informe final de este proyecto que permita ofrecer el 60% de las bases de una tesis.

0217 24 Estancia profesional

Integrar los conocimientos adquiridos previamente 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 metodología que faciliten el desarrollo del proyecto. Realizar las acciones requeridas para alcanzar satisfactoriamente los objetivos del proyecto. Realizar un informe final de este proyecto que permita ofrecer el 60% del avance de una tesis.

d. Universidad de Buenos Aires

Cursos obligatorios

76.45 Termodinámica de los procesos (Eq. 76.01)

Créditos: 10

Materias correlativas: 62.01 Física I A y 63.02 Química I.

1. Conceptos básicos. La Termodinámica en Ingeniería Química, su naturaleza, conceptos y definiciones básicas. Estado termodinámico de un sistema, propiedades extensivas e intensivas. Funciones de punto y de camino. Las dimensiones fundamentales y derivadas. La temperatura y la Ley Cero. Las experiencias de Boyle y Charles. Las escalas de temperaturas absolutas y relativas. La presión atmosférica, la densidad, la fracción molar y fracción másica. La concentración y sus expresiones. La viscosidad.

2. Las propiedades físicas de los fluidos puros. La superficie PV_T de sustancias puras. Los fenómenos de fusión, vaporización y sublimación. Los estados saturados. El punto crítico y el estado triple. El diagrama PT. El vapor sobrecalentado. El diagrama Pv. La región húmeda o campana. La fase gaseosa: Su comportamiento ideal. La superficie PV_T de un gas ideal: isotermas, isobaras e isocoras. El comportamiento real de los gases. Las ecuaciones de estado cúbicas

3. Las propiedades físicas de los sistemas multicomponentes. El comportamiento de las mezclas. La regla de las fases de Gibbs. Las relaciones PV_T para mezclas gaseosas reales: los modelos de Van der Waals, del factor de compresibilidad promedio y el método de Kay de las propiedades pseudocríticas. El equilibrio gas-líquido. Las soluciones ideales. Las leyes de Raoult y Henry. Los diagramas P - composición y T - composición de sistemas binarios, los puntos de rocío y de burbuja.

4. La conservación de la materia y la energía. El flujo o gasto másico, los estados estacionarios y no-estacionarios, el balance global y parcial de materia, procesos sin reacción química, las consideraciones generales sobre el calor y el trabajo, las propiedades termodinámicas - las funciones de estado, la energía cinética y la energía potencial, la energía interna. El primer principio de la termodinámica, entalpía y capacidad calorífica. Método de contribuciones de grupos funcionales, la discrepancia de capacidades caloríficas.

5. El segundo principio de la termodinámica. Los enunciados de Kelvin y de Clausius. Los procesos reversibles e irreversibles, las máquinas térmicas y el teorema de Carnot, el concepto de temperatura absoluta. La desigualdad de Clausius, la definición de entropía. El cambio de entropía de un gas ideal y en el mezclado de gases ideales. El cambio de entropía en transiciones de fase y en

el mezclado de fluidos. El análisis de la segunda ley para un volumen de control: balance entrópico. Los procesos politrópicos: los isoentrópicos.

6. Las relaciones entre magnitudes termodinámicas. Propiedades termodinámicas de los fluidos puros, energías de Gibbs y Helmholtz, las relaciones fundamentales y las relaciones de Maxwell, efecto de la presión sobre la entalpía y la entropía, la expansión de Joule-Thomson y el coeficiente de Eucken.

7. Teoría de la termodinámica de soluciones. Potencial químico y equilibrio de fases, propiedades parciales, propiedades molares parciales, la ecuación de Gibbs-Duhem. Fugacidad, fugacidades de compuestos puros, de mezclas y de un componente en una mezcla. Concepto de solución ideal según Lewis-Randall y según Henry.

8. Aplicaciones de la termodinámica de soluciones. Equilibrio de fases en mezclas. Equilibrio líquido-vapor. Operación flash. Diagramas binarios. Comportamiento de mezclas a altas presiones. Presión de convergencia. Azeótropos, eutécticos, puntos congruentes. Propiedades coligativas.

9. Equilibrio de las reacciones químicas. Coordenada de reacción. Energía de Gibbs de formación. Estados de referencia. Constante de equilibrio de una reacción química. Efecto de la temperatura y de la presión en la constante de equilibrio. Ecuación de van't Hoff.

76.46 Introducción a la Ingeniería Química (Eq. 76.02)

Créditos: 6

Materias correlativas: 76.45 Termodinámica de los procesos

Descripción de equipos industriales, diagramas de procesos y tipos de procesos. Descripción de las operaciones unitarias de transporte de cantidad de movimiento, transferencia de calor y transferencia de materia. Descripción de los tipos de procesos: continuos, batch, semibatch, cocorriente, contracorriente, corrientes cruzadas. Reciclos, derivaciones y purgas.

Dimensiones y unidades: Similitud geométrica, mecánica y química. Análisis dimensional.

Balance de masa: Estados estacionario y transitorio. Técnicas algebraicas. Procesos sin reacción química. Aplicaciones a sistemas multicomponentes. Procesos con reacción química. Número de reacciones linealmente independientes. Matrices estequiométricas. Grado de avance y conversión.

Balance de energía: Procesos sin reacción química. Aplicaciones a la ingeniería de procesos: toberas, bombas, compresores, intercambiadores de calor, ventiladores, etc. Aplicaciones a la ingeniería de procesos abiertos en estado no estacionario: procesos de carga y descarga, puesta en marcha de instalaciones. Procesos con reacción química. Reacción de combustión. Poder calorífico del combustible. Calor de neutralización e hidratación..

Balances simultáneos de materia y energía, en estado estacionario y transitorio, con y sin reacción química. Aplicaciones a las instalaciones industriales: flujo de fluidos, transferencia de calor, condensadores, evaporadores, torres de destilación, cristalizadores, sedimentadores, filtros, hornos de combustión, calderas, etc.

Exergía: Energía disponible e inasequible. Rendimiento energético o efectividad. Calidad de la energía. Trabajo útil óptimo y trabajo de flecha. Irreversibilidad y disponibilidad en sistemas abiertos. Efectividad y rendimiento de los procesos.

Diagramas termodinámicos: Función desviación. Construcción de diagramas temperatura-entropía, entalpía-entropía, entalpía-temperatura, entalpía-log presión.

Mezclas húmedas: Humedades absoluta y relativa. Punto de rocío. Temperaturas de bulbo húmedo, de bulbo seco, de globo y de globo-bulbo húmedo. Cálculo de presión de vapor. Entalpía y capacidad calorífica del aire húmedo. Diagramas psicrométrico y de Mollier.

Ciclos de potencia: Ciclos de potencia de gas. Ciclo de aire estándar: Carnot, Otto, Diesel, Bryton, Ericsson y de Stirling. Ciclos de potencia de vapor, Ranking. Ciclo Regenerativo. Sistemas de cogeneración. Análisis exergético de un ciclo de turbina de gas y de un ciclo de potencia con vapor.

Sistemas de refrigeración: Refrigerantes. Ciclos en cascada. Compresión multietapa con refrigeración. Análisis exergético del ciclo de refrigeración. Sistemas de energía avanzados: Energía térmica del océano, magnetohidrodinámica, energía geotérmica, eólica, solar.

76.47 Fenómenos de transporte (Eq. 76.03)

Créditos: 10

Materias Correlativas: 63.14 Matemática especial para Ingeniería Química y 76.46 Introducción a la Ingeniería Química

El objetivo es que los alumnos puedan comprender los fenómenos de transferencia que ocurren en la Ingeniería Química, por separado y en conjunto. Simultáneamente, esta comprensión física cualitativa debe ser trasladada a una

forma cuantitativa, es decir, aprenderán a plantear los sistemas de ecuaciones que gobiernan esos fenómenos. El planteo matemático será realizado primeramente en forma macroscópica, como ecuaciones integrales de balance aplicadas a volúmenes de control y que se conocen con el nombre de balances macroscópicos. Luego, se enseñará el planteo de las ecuaciones diferenciales de balance a nivel microscópico, conocidas como balances microscópicos. Se analizarán las condiciones iniciales y de contorno que se presentan con frecuencia y se planteará su resolución a casos sencillos donde se puede obtener la solución analíticamente. Adicionalmente, al estudiar la transferencia de materia, se incluyen brevemente los conceptos de reacción química y de velocidad de reacción, aplicándolos a algunos problemas sencillos, ya que el tema es de central interés en el diseño de reactores.

76.49 Operaciones unitarias de transferencia de cantidad de movimiento y energía (Eq. 76.04)

Créditos: 10

I. Transporte de cantidad de movimiento

1. Introducción al estudio del movimiento de fluidos. El fluido como continuo. Caracterización de flujos. Tipos de fuerzas que actúan sobre un fluido. Propiedades en un punto. Estática de fluidos. Variación de la presión en un fluido en reposo. Aplicaciones a manometría. Fuerzas sobre superficies sumergidas. Flotación. Fluidos en movimiento.
2. Viscosidad y esfuerzo de corte. Ley de Newton de la viscosidad. Viscosidad: influencia de la presión y temperatura. Fluidos no newtonianos. El tensor de esfuerzo de corte. Las relaciones de Stokes.

3. Ecuaciones de cambio diferenciales. La ecuación de continuidad. La ecuación de la cantidad de movimiento. La ecuación de movimiento: Navier-Stokes, Hagen-Poiseuille. Flujo Couette, flujo reptante. Ley de Stokes. La ecuación de energía mecánica. El análisis dimensional de las ecuaciones de variación.
4. Ecuaciones integrales. Ecuación de cantidad de movimiento. Conservación de la energía. Ecuación de Bernoulli.
5. El experimento de Reynolds. Teoría de la capa límite. Turbulencia. Las ecuaciones de variación para flujo turbulento e incomprensible.
6. Correlaciones en mecánica de fluidos. Teoría de semejanza. El factor de fricción en tubos. Diagrama de Moody. Balance macroscópico de energía mecánica.

II. Transferencia de calor

1. Mecanismo: Conducción, convección y radiación. Conductividad térmica. Ecuación de Fourier. Aplicaciones: pared compuesta, plana cilíndrica y esférica. Radio crítico de aislamiento. Mecanismos combinados.
2. Ecuaciones diferenciales. Ecuaciones de variación de la energía. Conducción en sólidos en régimen variables. Sólidos semi-infinitos, placa plana. Métodos gráficos. Gourney-Lourie.
3. Transferencia de calor por convección. El coeficiente de transferencia de calor. Coeficiente global de transferencia. Transferencia de calor en régimen laminar, placa plana. Método de von Karman. El coeficiente de transferencia de calor para convección forzada en tubos. Transferencia de calor en régimen laminar y turbulento. Correlaciones de Sieder-Tate. Factor j de Colburn. El coeficiente de transferencia de calor para convección forzada alrededor de objetos sumergidos. Banco de tubos. Convección natural. Correlaciones para régimen laminar y turbulento.

4. Radiación. Absorción y emisión de superficies sólidas. Ley de distribución de Planck. Ley de desplazamiento de Wien. Ley de Stefan-Boltzman. Radiación entre cuerpos negros.

III. Transporte de materia

1. Difusión molecular en fluido. Ley de Fick la difusión. Coeficientes de difusión.
2. Ecuaciones diferenciales para sistemas multi-componentes. La ecuación de continuidad para una mezcla binaria. Difusión en estado estacionario en medio estanco, contradifusión, difusión con reacción química homogénea y heterogénea. Difusión molecular en estado transitorio.
3. Transferencia de masa convectiva. Teoría de la capa límite. Difusión en régimen laminar: película descendente. Análisis dimensional para una mezcla de fluidos. Coeficiente de transferencia de materia para una sola fase.

76.52 Operaciones unitarias de transferencia de materia (Eq. 76.05)

1. Operaciones, equipos y equilibrios: Los procesos químicos y las operaciones de separación por transferencia de materia de interfase. Clasificación de las operaciones con transferencia de masa: Contacto directo entre fases y fases separadas por membranas. Etapa de equilibrio única y acopladas.

Fundamentos de las operaciones difusionales. El equilibrio termodinámico. El factor cinético. Coeficientes de transferencia de masa: Teoría de la doble resistencia (o doble película), coeficientes de transferencia de masa, coeficientes globales de transferencia de masa. Tipos de contacto y relaciones de operación: Contacto continuo, contacto por etapas. Especificación de

variables de diseño: Variables de diseño, grados de libertad y variables de corriente, etc. Equipos para contacto.

2. Absorción. Relaciones de equilibrio: Mezclas ideales y no ideales. Selección de los equipos. Diseño de una columna de platos: Selección del solvente, determinación del caudal de solvente, determinación del número de platos de la columna, etc.

3. Destilación: Relaciones de equilibrio. Equilibrio homogéneo y heterogéneo. Regla de las fases (o de Gibbs). Equilibrio Líquido-Vapor en mezclas binarias. Sistemas ideales, Ley de Raoult, Ley de Dalton. Sistemas no ideales. Destilación flash o de equilibrio. Destilación de mezclas multicomponentes.

4. Extracción Líquido-Líquido. Equipos de una etapa y multietapas. Elección del solvente. Resolución de sistemas con diagramas triangulares. Resolución de sistemas mediante el método de Kremser y mediante diagramas de distribución.

5. Humidificación. Definiciones. Gas húmedo. Humedad molar (humedad absoluta molar), humedad (humedad absoluta), humedad de saturación, humedad relativa (humedad relativa porcentual), humedad porcentual (humedad absoluta porcentual o porcentaje de saturación), calor húmedo (calor específico del aire húmedo), entalpía de la mezcla aire-vapor, volumen húmedo (volumen específico del aire húmedo). Temperatura de bulbo seco T_{bs} , temperatura de rocío T_r , temperatura de saturación adiabática T_{as} , temperatura de bulbo húmedo T_w . Determinación de humedades del aire. La carta de humedad y su uso.

6. Secado. Secado continuo y discontinuo. Capilaridad. Difusión

7. Cristalización. Diagramas: de fase, entálpicos, de solubilidad. Mecanismo: nucleación, crecimiento, transferencia de masa y calor. Cinética: variables, resistencias, ecuaciones de velocidad.

76.53 Diseño de Reactores (Eq. 76.08)

Parte I. Fundamentos de la cinética química.

1. Estequiometría. Grado de avance, conversión, reactivo limitante. Medidas de concentración.
2. Termodinámica y equilibrio. La constante de equilibrio. Aplicación del equilibrio químico al diseño de reactores. Reacciones simultáneas.
3. Cinética de reacciones químicas homogéneas. Velocidad de reacción. Cinética química y equilibrio. Restricciones termodinámicas. Ley de Arrhenius. Reacción autocatalítica.

Parte II: Modelos fluidodinámicos de reactores químicos.

4. Reactor tanque agitado. Balance de masa y calor del reactor tanque.
5. Reactor tanque agitado discontinuo, TAD. Gráficos de conversión - temperatura, recta de operación adiabática, camino óptimo.
6. Reactor tanque agitado continuo TAC, estabilidad del estado estacionario, análisis del estado no estacionario, sistema de múltiples reactores TAC, combinación en serie y paralelo.
7. Reactor tubular TUB. Tiempo de residencia y velocidad espacial. Operación NINA, camino de velocidades óptimas. Punto caliente.
8. Comparación de reactores. Reacciones múltiples. Selectividad y rendimiento.
9. Desviaciones a la hipótesis de flujo ideal. Ensayos estímulo-respuesta. Curvas C y F. Función de distribución de tiempo de residencia. Curva E.

Parte III: Transferencia de masa con reacción química.

10. Sistemas fluido – fluido. Modelo de la película. Reactores fluido-fluido. Parámetros fluidodinámicos. Criterios de selección.

11. Sistemas fluido - sólido catalítico. Propiedades de los catalizadores sólidos. Superficie específica; volumen poral, densidad, distribución de tamaño de poros. Adsorción física y adsorción química. Reactores catalíticos de lecho fijo.

12. Sistemas fluido - sólido reactivo. Modelos cinéticos: homogéneo, heterogéneo y generalizado. Modelo del frente móvil. Etapas controlantes. Partículas de tamaño constante y tamaño decreciente.

76.54 Microbiología Industrial (Eq. 76.12)

Créditos: 6

Materias correlativas: 63.14 Química III

Microbiología Industrial es una de las asignaturas del plan de estudios que capacitan al Ingeniero Químico para desempeñarse en las áreas de ingeniería bioquímica, fermentaciones, tratamiento biológico de efluentes, e industrias químicas, de la alimentación, farmacéutica, etc.

Unidad 1. Proteínas. Desnaturalización, solubilidad, efecto de temperatura pH y sales. Enzimas: Nomenclatura, especificidad. Cinética Michaelis-Menten, Briggs-Haldane. Gráficas de Lineweaver-Burk. Inhibición competitiva y no competitiva. Mecanismos. Carbohidrasas, proteasas, lipasas y nucleasas. Tipos celulares, división celular. Células procarióticas y eucarióticas. Bacterias: Estructura, componentes, esporulación.

Unidad 2. Generación de energía: Metabolismo, respiración, respiración anaerobia y fermentación. Degradación y síntesis de macromoléculas. Síntesis proteica, código genético.

Unidad 3. Control metabólico: Mecanismos, aplicaciones. Genética bacteriana: Recombinación genética, mutaciones.

Unidad 4. Nutrición, transporte de nutrientes, distintos mecanismos. Cultivo de microorganismos, medios de cultivo. Esterilización: Distintos métodos, aplicaciones. Crecimiento microbiano: Ciclo, medida del crecimiento.

Unidad 5. Fermentaciones industriales, cultivo sumergido, cultivos batch, batch alimentado y continuo. Producción de antibióticos y ácidos orgánicos por fermentación.

Unidad 6. Producción de alimentos por fermentación, microbiología de alimentos, microbiología del agua potable.

76.56 Instrumentación y control de plantas químicas (Eq. 76.09)

Tema 1: Control automático. Procesos controlados. Estabilidad. Circuitos de control. Métodos de ataque: Sistemas lineales y no lineales. Control continuo y

discreto. Control digital. Generalización del concepto de control automático. Función de decisión. Ingeniería de sistemas. Proceso controlado. Excitaciones de ensayo.

Tema 2: Mediciones. Toma de información. Características instrumentales. Errores. Elementos de circuitos. Transmisión. Mediciones de temperatura, presión, caudal, variables químicas. Mediciones por microondas y por radioactividad. Circuitos. Conversión analógica/digital y D/A.

Tema 3: Elementos matemáticos del control lineal; transformadas de Fourier y Laplace. Tratamiento de excitaciones de ensayo y funciones de transferencia. Pasaje a campo frecuencial. Análisis frecuencial y tratamientos por Bode y Nyquist. Inversión.

Tema 4: Dinámica Lineal. Elementos. Balances. Variables de desviación. Identidad funcional de sistemas físicamente distintos: Sistemas 1er.orden, 2do. orden y órdenes superiores. Respuesta a las distintas excitaciones. Análisis frecuencial. Elemento tiempo muerto. Sistemas típicos de control de procesos. Sistemas complejos. Controladores.

Tema 5: Simulación de sistemas. Fundamentos de programas simuladores. Estructuración. Simulación de sistemas dinámicos. Resolución matemática. Simulación de sistemas controlados. Sistemas estructurados sobre computadoras tipo PC. Implementación. Aplicaciones en adquisición de datos y en control.

Tema 6: Estabilidad. Ecuación característica. Criterios por raíces, Routh-Hurwitz y frecuenciales: Bode y Nyquist. Controlabilidad. Condiciones límites. Márgenes de ganancia y fase. Otros criterios: Temporales y frecuenciales. Circuito cerrado: Respuesta a cambios de set-point y perturbaciones..

Tema 7: Sistemas multilazo: Cascada. Anticipatorio Predictor de Smith. Control de relación. Controles adaptativos. Sistemas acoplados. Planteo. Desacoplamiento. Diseño de sistemas de control por síntesis directa.

Tema 8: Órganos de acción final: su ubicación matemática en el circuito de control. Cálculo de válvulas. Posicionadores. Compuertas. Aplicaciones. Control de las variables más comunes: Temperatura, presión, caudal, nivel, densidad, pH. Variables químicas. Funciones de tiempo y programadas. Aplicaciones a las operaciones comunes: Control de intercambiadores de calor, evaporadores, reactores, secadores, destilación, calderas de vapor: Sistemas de seguridad y control de uno, dos y tres variables.

Tema 9: Control por computadoras y microprocesadores. Estructura. Implementación. Control digital directo (DDC). Algoritmos. Conversión. Programación. Sistemas de jerarquía. Estudio del sistema computarizado del laboratorio. Control distribuido. Aplicaciones. Estructura. Controladores lógicos programables (PLC) Sistemas lógicos. Controladores auto-ajustables. Redes de campo. Comunicaciones. Buses de campo.

Tema 10: Formulación en espacio de estado de los problemas de control automático. Tratamiento matricial. Sistemas multivariables. Simulación. Controlabilidad y observabilidad. Observadores de estado. Control por observador. Sistemas discretos. Estabilidad de sistemas lineales y no lineales.

Tema 11. Organización de la información. Comunicaciones. La comunicación entre los sistemas. Los protocolos de comunicación. Los sistemas computarizados supervisorios, plataformas de operación. Redes de comunicación. Sistemas digitales de control distribuido. Áreas clasificadas y la seguridad intrínseca. Buses de campo. Arquitectura. Protocolos de comunicación digital.

76.59 Trabajo profesional de la Ing. Química I (Eq. 76.99)

Objetivo: Formar al alumno de Ingeniería Química en el desarrollo de un proyecto de ingeniería. Para ello, conformarán comisiones, cada una de las cuales realizará un proyecto de planta de procesos.

Se enseñará qué es un proyecto, como se organiza, cuáles son las etapas que lo componen, la interrelación entre las distintas especialidades así como también la generación y manejo de documentación de ingeniería. Será llevado a cabo con vistas al fortalecimiento del espíritu crítico del alumno a través del desarrollo de criterios de evaluación técnico-económico y la integración de los conocimientos adquiridos en otras materias, en particular en las operaciones unitarias.

La materia abarcará los siguientes temas: Desarrollo de un proyecto. Ingeniería básica y de detalle. Documentos de un proyecto. Diagramas de proceso y P&IDs (diagramas de cañerías e instrumentos). Hojas de datos y especificaciones técnicas. Sistemas de seguridad. Sistemas de tratamiento de efluentes y desagües. Sistemas auxiliares: vapor, agua de enfriamiento, aire comprimido, etc. Sistemas de cañerías. Planos de cañerías. Lay out.

Cursos electivos

76.22 Fundamentos de la ingeniería de reservorios

Conceptos básicos: Trampas de hidrocarburos, cálculo del petróleo "in-situ", presión en el reservorio, gradientes de presión en las zonas petrolífera y gasífera, temperatura en el reservorio, factor de recuperación: la recuperación primaria.

Propiedades de los fluidos: Los fluidos del reservorio, clasificación (agua, petróleo y gas). Comportamiento de fase de los hidrocarburos. Propiedades de los gases: El diagrama de Standing y Katz, cálculo de Z mediante programas de computadora basados en ecuaciones de estado. Propiedades del petróleo, parámetros PVT: Factor del volumen del petróleo, del gas y del agua. Relación gas-petróleo. Estimación de los parámetros PVT. Fuentes de datos. Medición de los parámetros PVT en el laboratorio.

Propiedades de la roca y del sistema roca-fluido: Porosidad, permeabilidad. Experimento de Darcy. Efecto Klinkenberg. Anisotropía e inhomogeneidad en la permeabilidad. Distribución de permeabilidades. Mojabilidad. Tensión superficial.

Flujo estacionario: El potencial y la presión de referencia. Flujo monofásico incompresible. Flujo lineal a lo largo de un plano inclinado. Flujo radial hacia el pozo. Índice de productividad. Flujo monofásico compresible. Flujo bifásico. Saturación connata de agua. Desplazamiento de petróleo por gas. Desplazamiento de petróleo por agua. Saturación residual de petróleo.

Energía natural del reservorio. Mecanismos de drenaje: Energía del gas en solución, energía del casquete gasífero, energía del acuífero, energías combinadas y otras fuentes de energía.

Balance de materiales: Balance de materiales en yacimientos de gas y para la expansión monofásica de petróleo. Balance de materiales con liberación de gas y con invasión de gas y/o agua. Medición de las permeabilidades relativas. Predicción del comportamiento de reservorios con empuje de gas. Comportamiento de la relación gas-petróleo. Método de Schilthuis. Estimación de las permeabilidades a partir de la historia de producción. Método de la línea recta. Predicción del comportamiento de reservorios con empuje del acuífero.

Análisis de curvas de declinación: La velocidad de declinación. La declinación exponencial. Determinación de la producción acumulada. La declinación hiperbólica.

76.23 Fundamentos de la simulación numérica de reservorios

Simulación: modelos físico-experimental y físico-matemático. Construcción del simulador numérico: planteo y resolución del sistema de ecuaciones diferenciales. Adaptación al reservorio real (datos), ajuste de la historia de producción y predicción del comportamiento futuro

Ecuaciones diferenciales de flujo en reservorios. Flujo con cambio de fase. Modelo Black-Oil. Modelo Composicional.

Aproximación de ecuaciones diferenciales por diferencias finitas. Precisión de la aproximación. Aplicación al flujo monofásico lineal unidimensional. Esquemas explícitos e implícitos. Método de Crank-Nicolson. Solución de sistemas tridiagonales- Algoritmo de Thomas. Consistencia. Estabilidad: método de von Neumann y método matricial. Convergencia: teorema de equivalencia de Lax.

Tipos de grillas: Grilla de bloques centrados, grilla de puntos centrados. Comparación de los tipos de grillas. Aplicación a las distintas condiciones de contorno.

Simulación numérica del flujo monofásico de petróleo hacia un pozo productor. Aplicación a la interpretación de ensayos de pozo modelo geológico-geométrico. Ecuación radial de difusividad. Discretización por diferencias finitas. Estimación de la permeabilidad y del factor de daño. Flujo monofásico de

petróleo hacia un pozo en coordenadas cartesianas. Modelo bidimensional areal. Discretización por diferencias finitas. Métodos Iterativos de resolución de sistemas lineales: Iterativos por punto, iterativos por bloque. Criterios de convergencia de dichos métodos.

Simulación numérica del flujo bifásico agua-petróleo. Aplicación a la recuperación secundaria de petróleo. Sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales no lineales. Solución numérica del modelo unidimensional lineal. Método IMPES (Implícito en presiones y explícito en saturaciones). Evaluación de las transmisibilidades. Discretización de las condiciones de contorno. Representación de esquemas de inyección de cinco puntos. Solución numérica aplicando IMPES.

Resolución por diferencias finitas aplicando el método IMPES. Discretización de las ecuaciones diferenciales. Métodos de solución del sistema lineal de ecuaciones. Modelos de pozos: cálculo de parámetros, especificación de caudales, especificación de presiones, tratamiento explícito e implícito de las presiones. Uso del simulador *Boast*.

76.28 Gestión de recursos en la industria de procesos

Objetivo: Formar al futuro Ingeniero Químico en diferentes aspectos de la administración empresarial e industrial, que le permitan una incorporación laboral más rápida y efectiva.

Módulo 1: La empresa en el mercado. Mercado, bienes y servicios. Productos sustitutos, complementarios, independientes. Experiencia total con el producto. Fuerzas de la ventaja competitiva. Concepto de “valor” para el accionista y sus componentes: rentabilidad, crecimiento, sostenimiento de la

ventaja competitiva. Concepto de “valor” para el cliente y sus componentes: velocidad de respuesta, disponibilidad, calidad, adaptabilidad, costo total.

Módulo 2: Funcionamiento interno de la organización. Marketing, comercialización. Investigación & desarrollo. Pronóstico de demanda: Métodos cualitativos y métodos cuantitativos (Series de tiempo, tendencia, estacionalidad, análisis causal). Planeamiento, planificación y programación: Largo, medio y corto plazo, MRP. Programación de proyectos: Redes, camino crítico, Pert.. Logística, abastecimiento, flujo de materiales vs flujo de información, cómo se propaga una variación en la demanda, causas y soluciones. Inventarios: Demanda dependiente e independiente, costos asociados, lote económico, revisión continua y periódica, análisis ABC y errores comunes y economía de escala estadística. Tipos de procesos (taller, batch, repetitivo, continuo) y su relación con la orientación al mercado. Tiempo de proceso, tasa de producción, capacidad, utilización, cuellos de botella. Eficacia, eficiencia, productividad. Estudio del trabajo. Calidad. Finanzas. Estandarización y variaciones.

e. Pontificia Universidad Católica de Chile

IIQ1002 Termodinámica

Créditos: 10

Requisitos: FIS1522 Ondas y calor; QUG1002 Química general

Semestre: I y II

Objetivos: el punto de vista del curso es macroscópico y aplicado a: entender como se transforma y como se utiliza la energía en distintas aplicaciones de ingeniería: transporte, calefacción, refrigeración, etc. Analizar diferentes procesos de conversión energía-trabajo-calor, según criterios de eficiencia en el

uso de recursos energéticos y de impacto ambiental. Manejar fundamentos de balances de masa y energía y de propiedades termodinámicas de sustancias puras y de mezclas.

Contenido:

-Conceptos fundamentales. Sistemas termodinámicos. Equilibrio termodinámico. Escalas de temperaturas, magnitudes físicas y sistemas de unidades.

- Primera ley de la termodinámica. Energía de un sistema. Calor y trabajo. Sistemas cerrados, energía interna. Ciclos y eficiencia. Sistemas abiertos, entalpía. Cambios de fase. Procesos de flujo en régimen permanente.

- Propiedades volumétricas de fluidos puros y mezclas. Superficie P-V-T. Ecuaciones de estado. Desviación de la idealidad y sus causas. Factor de compresibilidad. Psicometría. Ecuaciones para mezclas. Propiedades reducidas.

- Segunda ley de la termodinámica. Introducción. Ciclo de Carnot. Procesos reversibles. Irreversibilidad. Entropía como coordenada de un sistema.

- Relaciones termodinámicas para sustancias puras ecuaciones de Maxwell. Ecuación de Clausius Clapeyron, equilibrio líquido-vapor.

- Análisis termodinámico de procesos. Ciclos de vapor. Sistemas de refrigeración. Motores de combustión interna.

IIQ1112 Procesos químicos I

Créditos: 10

Requisitos: IIQ1002 Termodinámica

Semestre: I

Objetivos: capacitar al alumno para la formulación y resolución de balances de materia y energía en procesos químicos y bioprocesos.

Contenido:

- Balances de materia y energía en sistemas simples. Balances de componentes; expresiones para flujos y concentraciones; datos y relaciones. Formas de energía, calores específicos y de transición de fases; estados de referencia. Grados de libertad; acoplamiento de balances.
- Sistemas reaccionantes. Estequiometría; sistemas multireaccionantes; exceso, conversión y selectividad de reacciones; relaciones de equilibrio. Calor de formación; calor de reacción. Balances elementales y de componentes.
- Equilibrio fisicoquímico. Propiedades de sustancias puras y mezclas ideales; grados de libertad termodinámicos; sistemas líquido-vapor; construcción de diagramas entalpía concentración; representación gráfica de balances.
- Sistemas de múltiples unidades. Configuraciones especiales de sistemas con varias etapas; variables de unidades de proceso y de corrientes; grados de libertad; análisis y actualización; balances globales, balances redundantes.
- Sistemas transientes. Sistemas estacionarios variables con la posición. Término de acumulación; expresión diferencial e integral de las ecuaciones de balance.

IIQ1210 Introducción operaciones unitarias I

Créditos: 08

Requisitos: QQF250A

Módulos: 02

Objetivos: comprender operaciones relacionadas con escurrimiento de fluidos, fenómenos de transferencia de calor y mezclado de sólidos. Aplicar las operaciones mencionadas anteriormente en los cursos: laboratorio operaciones unitarias y operaciones unitarias II.

Contenido:

1. Esgurrimiento de fluidos.

1.1 Estática de fluidos.

1.2 Fenómeno de flujo de fluidos. Flujo laminar y flujo turbulento. Número de Reynolds.

1.3 Balance de energía. Ecuación de Bernoulli.

1.4 Flujo de fluidos no compresibles. Ecuación de Hagen-Poiseuille y ecuación de Fanning.

1.5 Medición de caudal de fluidos.

1.6 Equipos de transporte de fluidos.

1.7 Agitación y mezcla de líquidos.

2. Transferencia de calor.

2.1 Introducción general

2.2 Conducción. Conductividad calorífica. Conducción unidireccional a régimen de pared y cilindros. Radio crítico.

2.3 Convección. Coeficientes individuales de transmisión de calor

2.4 Transferencia de calor a fluidos dentro y fuera de tubos. Correlaciones importantes.

2.5 Radiación. Principios.

2.6 Equipos de intercambio de calor.

3. Transporte y mezclado de sólidos.

3.1 Introducción.

3.2 Bases teóricas. Reducción de tamaño.

3.3 Equipos de mezclado para sólidos y pastas.

IIQ1220 Introducción operaciones unitarias II

Créditos: 08

Requisitos: IIQ1210 Introducción operaciones unitarias I

Semestre: II

Objetivos: describir los principios fundamentales de operaciones de transferencia de masa. Capacitar al alumno en la realización de balances de masa en sistemas simples. Describir las principales operaciones de transferencia de masa y de transferencia de masa y calor combinados. Analizar algunos métodos sencillos para el dimensionamiento de equipos de transferencia de masa.

Contenido:

- Introducción: Aspectos generales y definiciones; ley de Fick de la difusión y coeficiente de difusión; aplicaciones de la ley de Fick a difusión molecular en estado estacionario; aspectos generales del transporte de interfase; coeficientes de transferencia de masa
- Operaciones unitarias de transferencia de masa: absorción de agotamiento; destilación; extracción con solventes.
- Operaciones unitarias de transferencia de masa y calor combinadas: operaciones psicrométricas; secado; cristalización.

IIQ1270 Laboratorio introducción operaciones unitarias

Créditos: 08

Requisitos: IIQ1210 Introducción operaciones unitarias I

Semestre: II

Objetivos: el alumno al final del curso será capaz de: aplicar los conocimientos adquiridos en los cursos de operaciones unitarias I y II; Operar adecuadamente los equipos pilotos que simulan los procesos industriales; Obtener

experimentalmente valores de parámetros característicos de cada práctica de laboratorio y redactar informes técnicos.

Contenido:

- Absorción: determinar los coeficientes de transferencia de masa globales y el número de unidades de transferencia en la columna de absorción de relleno de anillos Raschig.
- Intercambiador de calor: diseño de un intercambiador de calor a partir de datos experimentales.
- Secado: comprender el proceso de secado de un alimento y ajustar un modelo simple tipo exponencial a la curva de secado experimental.
- Hidrodinámica: determinar curvas de calibración. Encontrar las curvas características del conjunto motor-bomba.

IIQ2002 Fenómenos de transporte

Créditos: 10

Requisitos: IIQ1002 Termodinámica; ICH1102 Mecánica de fluidos

Semestre: II

Objetivos: presentar los principios de transferencia de calor y masa y su relación con transporte de cantidad de movimiento. Capacitar al alumno en la aplicación de estos principios para entender y modelar el comportamiento de diversas unidades de procesos y otros sistemas de interés.

Contenido:

- Transporte molecular (momentum, energía, masa).
- Balances globales de masa, energía y momentum.
- Aplicaciones de transporte molecular estacionario.
- Transporte por convección.
- Transporte de energía por radiación.

- Aplicaciones de transporte por convección estacionario.
- Aplicaciones de transferencia de calor y masa a problemas transigentes.

IIQ2012 Operaciones unitarias I

Créditos: 10

Requisitos: IIQ1002 Termodinámica; ICH1102 Mecánica de fluidos

Semestre: I

Objetivos: capacitar a los alumnos en el análisis y dimensionamiento preliminar de equipos u operaciones simples que se limitan a transporte de momento y calor. Estos equipos están presentes en la gran mayoría de las plantas de procesos.

Contenido:

Cañerías, bombas, mezcladores, principios de transferencia de calor, evaporadores y condensadores.

IIQ2022 Operaciones unitarias II

Créditos: 10

Requisitos: IIQ1012 Fisicoquímica

Semestre: II

Objetivos: capacitar al alumno para aplicar los fundamentos fisicoquímicos y de transferencia de masa al análisis de los procesos de separación más frecuentemente usados en la industria química, de alimentos y biotecnológica. Aprender a abordar problemas de la biología, alimentos, biotecnología y medio ambiente en que hay transporte de materia. Describir los principales equipos utilizados en las operaciones anteriores, otorgar las bases de diseño y el análisis del efecto de las variables de operación.

Contenido:

- Introducción a los procesos de separación y de transferencia de masa.

Clasificación

- Destilación. Análisis por McCabe-Thiele y Ponchon-Savarit. Casos particulares, introducción a sistemas multicomponentes.

- Repaso de difusión. Primera y segunda ley de Fick, coeficientes de difusión, transporte interfacial. Coeficientes de transferencia de masa, correlaciones.

- Absorción. Análisis de procesos de contacto continuo. Métodos cortos.

- Extracción: sólido-líquido (lixiviación), gases supercríticos, líquido-líquido.

- Cristalización/congelación.

- Humidificación.

- Transferencia simultánea de calor y masa: secado y fritura de alimentos.

- Temas especiales: adsorción, cromatografía, membrana, etc.

IIQ2032 Operaciones unitarias III

Créditos: 10

Requisitos: IIQ1112 Procesos químicos I; ICH1102 Mecánica de fluidos

Semestre: II

Objetivos: aplicar los fundamentos de la mecánica de fluidos al análisis de los procesos de separación de la Ingeniería Química; entender el comportamiento de sistemas que involucran partículas en los procesos de separación; describir las operaciones y equipos usados para separar y transportar las distintas fases; y analizar operaciones unitarias de separación con aplicaciones a bioprocesos.

Contenido:

- Caracterización de partículas.

- Reducción de tamaño y manejo de sólidos.

- Conceptos de velocidad terminal y aplicaciones.

- Sedimentación gravitacional (espesadores y clarificadores).
- Separaciones centrífugas (centrífugas y ciclones).
- Pérdida de carga en lechos porosos y aplicaciones.
- Filtración y separación por membranas.
- Fluidos no Newtonianos; principios de reología y corrección de ecuaciones.
- Integración de procesos.

IIQ2112 Diseño de reactores

Créditos: 10

Requisitos: IIQ1112 Procesos químicos; 300 créditos

Semestre: II

Objetivos: capacitar al alumno para analizar, modelar y resolver problemas de cinética química y bioquímica y emplear dichas herramientas cinéticas en la evaluación del comportamiento de reactores y bioreactores, diseño teórico, operación de los mismos y aplicación a otros fenómenos de interés.

Contenido:

- Fundamentos: introducción, reacciones químicas y bioquímicas, estequiometría.
- Cinética de las reacciones: fundamentos, mecanismos de las reacciones, efectos de la temperatura.
- Diseño isotérmico de reactores ideales: reactores batch y semibatch, reactor tanque perfectamente agitado (CSTR), reactor tubular, reactores y reacciones múltiples.
- Diseño no isotérmico: balance de energía, flujo isotérmico y condiciones estacionarias,
- Conversión de equilibrio, operación no estacionaria, operación no adiabática, estados estacionarios múltiples y estabilidad.

- Escalamiento: técnicas de escalamiento de reactores.
- Reacciones catalíticas: definición y propiedades catalíticas, etapas limitantes, diseño de reactores no catalíticos heterogéneos, desactivación del catalizador, reactores catalíticos de lecho móvil.
- Bioreactores: clasificación, aplicaciones, diseño teórico.

IIQ2122 Diseño mecánico de equipos

Créditos: 10

Requisitos: IIQ2132 Diseño de procesos químicos

Semestre: II

Objetivos: capacitar al alumno para resolver problemas de cálculo de equipos de procesos, desde la ingeniería básica hasta la ingeniería de detalles, atendiendo a los materiales a emplear, utilización del espacio y aspectos estructurales.

Contenido:

- Materiales de construcción: materiales metálicos, materiales no metálicos, selección de materiales, aspectos de resistencia química.
- Estanques metálicos: cálculo de envolventes y cabezales, autoclaves y reactores, calefacción y refrigeración de autoclaves, reactores con equipos de vacío.
- Agitadores y mezcladores: intercambiadores de calor; diferentes clases de intercambiadores.
- Agitadores y mezcladores: agitadores de diferentes tipos, cálculo de los ejes y descansos de mezcladores, agitadores estáticos.
- Poleas y cadenas de transmisión: revoluciones por minutos y factor de fricción, cadenas de transmisión.

- Engranajes y reductores de velocidad: engranajes de ejes paralelos, engranajes de ejes que se interceptan, reductores de velocidad.
- Cañerías, juntas de expansión, soportes y aislaciones: cañerías, juntas y curvas de expansión, soportes y anclajes, drenajes, aislaciones, planos.
- Estructuras metálicas y fundaciones: cálculo de pilares y vigas soportantes, placas de apoyo, conexiones soldadas, mezclas de concreto, fundaciones de estructuras y maquinarias, fundaciones autosoportantes de torres.
- Seguridad: autoclaves y reactores, consideraciones generales.

IIQ2142 Principios de la producción limpia e ingeniería ambiental

Créditos: 10

Módulos: 02

Requisitos: ICH 1102, IIQ1002

Carácter: Optativo

Objetivos: aplicar principios de producción limpia al diseño de los procesos productivos; obtener conocimientos básicos de ingeniería ambiental, suficientes para poder evaluar, seleccionar y dimensionar los procesos de (pre-)tratamiento de las emisiones; disponer de herramientas para identificar en forma sistemática las fuentes de contaminación asociadas a las actividades y/o procesos (a través de la auditoría del proceso); poder caracterizar y cuantificar las emisiones (con métodos empíricos, a través de muestreos y el balance de procesos); definir, diseñar y aplicar estrategias de producción limpia: minimización, recirculación y/o reuso de los residuos en el origen; diseñar sistemas simples de pre-tratamiento de residuos industriales líquidos (RILes) y residuos sólidos, los lugares de acopio y logística; definir los criterios de diseño de los proyectos de ingeniería: metas de tratamiento, dimensionamiento del proceso (bajo un enfoque de costo-eficiencia); y diseñar planes de monitoreo, control y seguimiento en la operación.

Contenido:

1. Introducción
2. Caracterización de las emisiones:
 - 2.1. Auditoria interna de residuos, RILes y emisiones
 - 2.2. Balances de materia prima, agua y residuos
 - 2.3. Cálculo empírico de emisiones
 - 2.4. Diseño de programas de monitoreo, control de calidad.
3. Normativa ambiental
 - 3.1. Normativa de emisión, calidad ambiental y otros estándares
 - 3.2. Concepto del cuerpo receptor
 - 3.3. Definición de la meta de tratamiento
4. Conceptos generales de la producción limpia
 - 4.1. Minimización de caudales y cargas contaminantes
 - 4.2. Segregación y recirculación de flujos contaminantes
 - 4.3. Sistemas “cero descarga”
5. Logística de manejo de residuos sólidos industriales (en origen):
 - 5.1. Requisitos legales aplicables
 - 5.2. Diseño de las instalaciones de acopio
 - 5.3. Logística de transporte interno
 - 5.4. Pre-tratamiento de residuos (separación, compactación y/o acondicionamiento)
6. Contaminación de aguas superficiales
 - 6.1. Conceptos generales de la hidrología
 - 6.2. Calidad de agua, parámetros contaminantes
 - 6.3. Capacidad de dilución del cuerpo receptor
 - 6.4. Cálculo de la capacidad de carga
 - 6.5. Evaluación de los impactos ambientales de la descarga
7. Pre-tratamiento de residuos industriales líquidos (RILes)
 - 7.1. Requisitos legales aplicables

- 7.2. Diseño de sistemas simples de pre-tratamiento
- 7.3. Selección de equipos pre-fabricados disponibles en el mercado
- 8. Contaminación de aguas subterráneas
 - 8.1. Conceptos generales de la geología e hidrogeología
 - 8.2. Vulnerabilidad del acuífero
 - 8.3. Diseño de sistemas de infiltración de efluentes
 - 8.4. Protección del acuífero
- 9. Contaminación de suelos
 - 9.1. Medidas de prevención
 - 9.2. Respuestas inmediatas frente a situaciones de contingencia
 - 9.3. Evaluación inicial de un evento de contaminación
 - 9.4. Alternativas de saneamiento de suelos contaminados
- 10. Contaminación del aire
 - 10.1. Calidad de aire, parámetros contaminantes
 - 10.2. Minimización de las emisiones: uso eficiente de la energía, combustibles limpios
 - 10.3. Alternativas de control de las emisiones
- 11. Sistemas de gestión ambiental
 - 11.1. Sistemas e instrumentos de gestión ambiental
 - 11.2. ISO 14.000

IIQ2272 Laboratorio de Ingeniería Química

Créditos: 10

Aplicación de los conocimientos teóricos adquiridos en los cursos de transferencia y operaciones unitarias, de modo de dimensionar y operar los equipos pilotos que simulan los procesos industriales de gran escala. Pretende relacionar los resultados experimentales con aquellos que predice la teoría. Entre sus objetivos secundarios, se desea que los alumnos aprendan a redactar

informes teóricos y a realizar trabajos de medición y operación de equipos de laboratorio.

IIQ2302 Matemáticas aplicadas a ingeniería de procesos

Créditos: 10

Requisitos: ICS1102 Optimización

Semestre: I

Objetivos: preparar al alumno para abordar el diseño y simulación de procesos químicos mediante el uso de herramientas computacionales, considerando efectos no lineales, cinéticas múltiples, parámetros distribuidos, propiedades variables, etc. Se enfatiza el uso extensivo de computadores y el aprendizaje de lenguajes de computación científica de alto nivel tales como EXCEL, MATLABTM, SPSS⁺TM, etc. Se espera que al final del curso el alumno haya aplicado conceptos fundamentales de estadística, modelación y simulación basados en análisis de casos, y que haya adquirido destrezas computacionales permanentes.

Contenido:

- Introducción.
- Estudio de casos. Sistemas lineales y no lineales. Repaso de sistemas lineales de ecuaciones; métodos directos e iterativos, condicionamiento; sistemas sub y sobredeterminados. Métodos iterativos para ecuaciones no lineales. Criterios de convergencia. Laboratorio. Manejo de escalares, vectores y matrices. Solución generalizada de sistemas de ecuaciones lineales. Resolución de ecuaciones no lineales usando MATLABTM y EXCELTM. Análisis estadístico de datos experimentales.
- Optimización. Método de mínimos cuadrados. Ajuste de parámetros. Análisis de residuos. Modelación dinámica de fenómenos de transporte. Balances

dinámicos y ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs). Integración numérica. Precisión y estabilidad. Problemas de borde en ecuaciones diferenciales ordinarias. Diferencias finitas. Métodos de disparo. Colocaciones ortogonales. Implementación de distintos algoritmos en EXCELTM y MATLABTM. Aplicaciones. Ecuaciones en derivadas parciales (EDPs).

IIQ2312 Dinámica y control de procesos

Créditos: 10

Requisitos: IIQ2112 Diseño de reactores; IIQ2012 Operaciones unitarias I ó IIQ2022 Operaciones unitarias II ó IIQ2032 Operaciones unitarias III.

Semestre: II

Objetivos: capacitar al alumno para: comprender los principios fundamentales y la práctica del control de procesos. Al terminar el curso, el alumno debe ser capaz de diseñar y analizar sistemas convencionales y avanzados de control incluyendo los elementos de control digital.

Contenido:

- Introducción.
- Instrumentación de control: sensores y transmisores, características de los sensores, válvulas de control.
- Modelos dinámicos: ecuaciones de conservación, respuesta dinámica para sistemas simples, linealización de sistemas no lineales, función de transferencia, diagrama de bloques, análisis de la respuesta de sistemas lineales.
- Control automático de procesos: control realimentado, algoritmos clásicos de control realimentado, respuesta transiente de procesos controlados, elementos de estabilidad (sistemas lineales), métodos avanzados de ajuste: control Dahlin y control por modelo interno (IMC), sistemas multivariables.

- Introducción al control por computador: conceptos básicos, análisis en tiempo discreto de sistemas continuos, control digital.

IIQ2322 Control e instrumentación de procesos industriales

Créditos: 10, cátedra

Módulos: 02

Requisitos: IIQ2312 Dinámica y control de procesos

Carácter: Optativo

Objetivos: entregar los conceptos principales de control e instrumentación de procesos industriales y dar a conocer el empleo de diversas tecnologías aplicadas a control automático, como sistemas de control distribuido, controladores lógicos programables y sistemas de adquisición de datos.

Contenido:

1. Instrumentación industrial

1.1. Introducción

1.2. Procesos y variables de procesos

1.3. Control de procesos, diagramas de bloques, función de transferencia.

1.4. Sensores y transmisores

1.5. Características generales de un sensor transmisor

1.6. Propiedades estáticas; rangos de entrada y salida, sensibilidad o ganancia estática, histéresis, exactitud y precisión

1.7. Propiedades dinámicas; modelos sencillos de primer orden. Asociación de tiempo muerto al modelo

1.8. Técnicas de reducción de errores

1.9. Sensores más utilizados: flujo, nivel, temperatura, masa, pH, cromatógrafo como analizador en línea, espectrómetro de masa, sensores de gases, biosensores

1.10. Acondicionamiento de señales: puentes, amplificadores, señal y ruido, filtros, transmisión de señales.

1.11. Sistemas PLC

1.12. Actuadores; manejo de las variables de control: válvulas de control. Modo de acción, características, rango de controlabilidad, dinámica de una válvula. Dimensionamiento y aspectos generales de lay-out.

2. Control automático: breve reseña

Control lineal, funciones de transferencia de lazo cerrado. Control on-off, control proporcional (P), control proporcional integral (PI), control proporcional integral derivativo (PID). Comportamiento dinámico del sistema de control. Estabilidad y ajuste de parámetros de controladores.

3. Sistemas de control distribuido (DCS)

3.1. Introducción

3.2. Concepto y ventajas del DCS

3.3. Distribución funcional y distribución geográfica

3.4. Alarmas

3.5. Subsistemas y estrategias de control

3.6. Ciclo básico de barrido

3.7. Sistema supervisor y de adquisición de datos (SCADA)

IIQ2422 Energía I

Créditos: 10

Requisitos: Autorización del profesor

Semestre: I

Objetivos: presentar un enfoque global del problema energético, tanto desde el punto de vista de la economía como de los recursos y sus interrelaciones con el medio ambiente. Se pretende que el alumno sea capaz de entender el problema energético actual y sus proyecciones a futuro.

Contenido:

- Introducción: Conceptos físicos de la energía. Sistemas y recursos energéticos
- Demanda de energía: Conceptos básicos. Interrelación de la demanda y otras variables económicas. Predicción de demanda de energía.
- Recursos energéticos. Recursos energéticos convencionales: carbón, petróleo y gas natural, hidroelectricidad, energía nuclear. Recursos energéticos no-convencionales: energía solar, biomasa, energía eólica, geotérmica, otras fuentes, balance nacional de energía.
- Eficiencia y uso de la energía en procesos industriales.
- Planificación y política energética

IIQ2612 Tecnología de alimentos

Créditos: 10

Descripción de los procesos más importantes de la tecnología de alimentos desde el punto de vista fisicoquímico fundamental y microestructura. Concentración, deshidratación, refrigeración, congelación, atmósferas modificadas y controladas, envasado aséptico, enlatado, fermentaciones. Ejemplos de aplicación de estas tecnologías para productos específicos.

IIQ2632 Bioquímica de alimentos

Créditos: 10

Requisitos: Autorización del profesor

Semestre: I

Objetivos: enseñar los aspectos fundamentales de la química de alimentos relacionados con la composición y estructura de los alimentos y de sus componentes. Analizar las transformaciones y/o alteraciones que sufren los

alimentos y las materias primas para las industrias de alimentos, tanto química, fisicoquímica y microbiológicamente, durante su procesamiento y almacenaje.

Contenidos:

- Componentes básicos de los alimentos. Revisión de aspectos generales en cuanto a: estructura, funciones, fuentes, reacciones químicas y propiedades funcionales.
- Agua y hielo en los alimentos.
- Hidratos de carbono en alimentos.
- Grasas, aceites y otros lípidos.
- Proteínas en alimentos.
- Pigmentos y colorantes.
- Sabor y aroma en los alimentos.
- Aditivos en alimentos, constitución química, propiedades y efectos contaminantes.
- Alteraciones de alimentos: efectos del procesamiento de alimentos en su calidad, cambios producidos en los alimentos por oxidación, reacciones enzimáticas, pardeamiento no enzimático y deterioro microbiano.

IIQ2642 Procesamiento de alimentos

Créditos: 10

Módulos: 03

Requisitos: QIM202

Objetivos: describir los aspectos fundamentales del procesamiento y la conservación de alimentos. Analizar las operaciones típicas que se emplean en los procesos de transformación de alimentos desde un punto de vista bioquímico, fisicoquímico, microestructural y tecnológico.

Contenido:

1. Importancia de los alimentos (aspectos macro-nutricionales) y rol de la tecnología de alimentos.
2. Componentes de los alimentos: propiedades generales, y roles funcionales y nutricionales. Digestión y absorción de nutrientes. Principales reacciones (químicas, microbiológicas) de deterioro de alimentos.
3. El agua en los alimentos. Control. Concentración. Principios y equipos de evaporación y concentración por congelamiento. Deshidratación. Nociones de transmisión de calor y masa durante el secado.
4. Refrigeración, atmósferas controladas y congelación. Efecto de la temperatura y la composición de gases en los procesos metabólicos de materiales biológicos y otras reacciones de deterioro. Cristalización y efectos en la estructura celular.
5. Tratamientos térmicos. Determinación de tratamientos térmicos. Enlatado. Envasado aséptico.
6. Fermentaciones y enzimas. Aspectos microbiológicos de importancia y control de fermentaciones.
7. Granos y cereales. Microestructura y procesamiento de legumbres y cereales. Frutas y hortalizas. Aspectos estructurales, bioquímicos y microbiológicos.
8. Leche y productos lácteos. Aspectos bioquímicos, fisicoquímicos y microestructurales. Leche condensada, evaporada y en polvo, helados, mantequilla y sucedaneos (emulsiones), quesos, yogurt (geles proteicos).
9. Grasas y aceites. Fuentes de materia prima, extracción y procesamiento de grasas y aceites. Aspectos funcionales (cristalización) y usos de productos grasos.
10. Carnes y pescados. Aspectos estructurales, bioquímicos y microbiológicos.
11. Vida útil y envases. Cinética de deterioro y vida útil de alimentos.

IIQ2652 Microbiología de alimentos

Créditos: 10

Requisitos: IIQ2632

Objetivos: enseñar los fundamentos y métodos de la microbiología de los alimentos, para que el alumno adquiera las herramientas necesarias para determinar si los alimentos son seguros desde el punto de vista higiénico sanitario. Introducir a los estudiantes en el estudio las especificaciones de calidad microbiológicas de los alimentos. Enseñar los procedimientos para establecer el sistema HACCP en una industria alimentaria

Contenido:

1. Introducción a la microbiología de los alimentos. Bacterias, levaduras y mohos. Clasificación, morfología, crecimiento
2. Mohos: Observación a la lupa, tinción, morfología. Reconocimiento de células viables y células muertas
3. Bacterias Gram (+)
4. Bacterias Gram (-)
5. Técnicas microbiológicas de control de alimentos: RAM, Enterobacterias, S. Aureus, Salmonella,
- B. Cereus, C. Perfringens, Recuento de hongos y levaduras, Control de esterilidad
6. Contaminación y alteraciones de diferentes tipos de alimentos
7. Enfermedades de origen alimenticio e introducción al sistema HACCP
8. Normativas de calidad microbiológica de los alimentos
9. Buenas prácticas de manufactura (GMP), procedimientos estándares de operación (SOP), procedimientos estándares operacionales de saneamiento (SOPS)
10. Sistema HACCP en industrias alimenticias, estudio de casos
11. Talleres HACCP en industrias alimenticias tomadas como ejemplo

IIQ2772 Laboratorio de Ingeniería Química

Créditos: 10

Requisitos: IIQ2012 Operaciones unitarias I, IIQ2022 Operaciones unitarias II, IIQ2032 Operaciones unitarias III

Semestre: I y II

Objetivos: Lograr una imagen mental del comportamiento de fluidos y sólidos como resultado de la observación de procesos llevados a cabo en equipos piloto. Conocer y familiarizarse con la operación de equipos utilizados en procesos químicos y con accesorios (válvulas, trampas, etc.) y equipos anexos (sistemas de control y supervisión computacional, sistemas eléctricos) usados normalmente en la industria. Aplicar conocimientos adquiridos durante la formación ingenieril, en especial de operaciones unitarias y fenómenos de transporte, a la operación de equipos de planta piloto que normalmente se encuentran en procesos industriales. Adquirir datos experimentales en diferentes puntos de operación y ajustarlos a modelos teóricos. Analizar e interpretar los resultados. Ser capaz de sugerir nuevos equipos piloto o modificaciones en los ahora existentes, detallando sus características y ventajas. Determinar, en base a la información teórica y experimental obtenida, los datos técnicos necesarios para seleccionar y cotizar equipos y accesorios necesarios para diferentes procesos, todos ellos relacionados con las experiencias desarrolladas en el laboratorio. Adquirir experiencia en la redacción y presentación de informes.

Contenido:

Experiencias en los siguientes temas: caldera, bombas, intercambiador de calor en régimen estacionario, absorción con diferentes mezclas, intercambiador de calor en régimen transiente: conservería, filtración, ultra filtración, evaporación doble efecto, agitación, secado.

IIQ3242 Diseño de procesos químicos

Créditos: 10

Requisitos: IIQ1112 Procesos químicos I, IIQ2012 Operaciones unitarias I ó IIQ2022 Operaciones unitarias II ó IIQ2032 Operaciones unitarias III

Semestre: I y II

Objetivos: capacitar al alumno para analizar procesos químicos, considerando la síntesis de procesos, cálculo de equipos y optimización de procesos, así como para diseñar, seleccionar y optimizar alternativas de procesos y equipos.

Contenido:

- Diseño de procesos: alternativas, niveles de diseño, fuentes de información, procesos batch, contínuos y semi-contínuos, diagramas de flujo, balances, servicios (aguas, vapor, aire, residuos, etc.), Layout y localización de la planta, optimización en diseño de procesos, ingeniería en la incertidumbre, aspectos legales (patentes, MR, seguridad).
- Diseño de plantas y equipos: materiales (corrosión, protección, selección, T), diseño estructural (diseño mecánico, T, P), fundaciones (principios, viento, sismicidad), diseño y selección de equipos, cálculos, accesorios (juntas, discos ruptura, instrumentos, etc.), parrales, planos, especificaciones, pruebas y puesta en marcha.

IIQ3302 Modelación y simulación dinámica

Créditos: 10

Requisitos: Autorización del profesor

Semestre: II

Objetivos capacitar al alumno para formular hipótesis de comportamiento que permitan desarrollar las ecuaciones diferenciales y algebraicas que representan a diferentes tipos de procesos y fenómenos naturales. Resolver estas

ecuaciones en forma paramétrica usando computación digital y programas ad-hoc para predecir el comportamiento del sistema cuando uno o más funciones forzantes cambian.

Contenido:

- Conceptos generales de modelación. La simulación como una herramienta industrial. Ventajas y desventajas de la simulación. Clasificación de modelos determinísticos.
- Modelaje. Etapas en la construcción de un modelo: de lo simple a lo complejo. Principios de conservación y relaciones constitutivas. Hipótesis de comportamiento y modelo matemático. Posibilidades de resolución. Lenguajes de alto nivel.
- Modelos sencillos: termómetro; tanque de calefacción; reactor CSTR no isotérmico; reactor tubular, sistemas con retardo.
- Modelos complejos: estudio de algunas cinéticas biológicas; bioreactor de fase líquida; bioreactor de lecho sólido; columna de destilación semibatch; reactor de cracking catalítico con regenerador; evaporador de doble efecto.
- Simulación: estrategia general, importancia de la simulación, programas de alto nivel: Picdig; UC-ONLINE, SYSL, otros.
- Balances poblacionales. Introducción. Función de distribución de edades. Distribución interna y del flujo de salida. Función intensidad. Mediciones experimentales. Interpretación de la distribución de edades. Grado de mezcla. Detección de espacio muerto. Detección de by-pass.

IIQ3322 Control avanzado de procesos

Créditos: 10

Requisitos: IIQ2312 Dinámica y control de procesos

Semestre: I

Objetivos: dar una visión amplia de las técnicas de control automático avanzado de procesos industriales. Entregar las herramientas fundamentales para que los alumnos sean capaces de implementar exitosamente estrategias avanzadas en Matlab/Simulink. Se realizará un proyecto de diseño de un sistema de control para un proceso complejo simulado en computador.

Contenido:

- Representación de sistemas lineales.
- Elementos de análisis de respuesta de frecuencia.
- Elementos de control avanzado (observadores, colocación de polos, LQG).
- Identificación de sistemas lineales.
- Control predictivo (DMC, QDMC).

IIQ3342 Contaminación atmosférica

Créditos: 10

Requisitos: ICH3312 Calidad del agua y del aire o ICH 1102 Mecánica de fluidos + IIQ1002 Termodinámica

Semestre: II

Objetivos: el alumno debe ser capaz de entender, analizar y valorar el problema de la contaminación atmosférica, y de proponer y evaluar proyectos para solucionarla. Valorar en su correcta magnitud la problemática de la contaminación atmosférica.

Contenido:

- Saber definir el ámbito del problema.
- Identificar los contaminantes más comunes. Valorar sus efectos en la salud pública.
- Características del material particulado.

- Dominar los conceptos básicos de meteorología.
- ¿Cómo se dispersan los contaminantes en la atmósfera? ¿Cómo se caracteriza el estado turbulento de la atmósfera?
- ¿En qué consiste el smog fotoquímico? ¿Cómo se puede abordar el problema del ozono?
- Comportamiento de los aerosoles en la atmósfera.
- ¿Qué problemas trascienden las fronteras políticas?
- Control de las emisiones de material particulado.
- Control de las emisiones de gases y vapores.
- Control de las emisiones de las fuentes móviles.
- ¿Cómo se establecen las normas ambientales?

IIQ3362 Residuos sólidos

Créditos: 10

Requisitos: Autorización del profesor

Semestre: I

Objetivos: comprender la importancia que tiene la gestión adecuada de residuos sólidos en una sociedad moderna. Conocer sus orígenes y el impacto que un manejo deficiente puede provocar a la salud de las personas y al medio ambiente en general. Desarrollar las habilidades necesarias para estudiar aquellos casos en que la problemática del manejo adecuado de residuos sólidos sea fundamental pudiendo sugerir soluciones técnicamente adecuadas en el contexto de la reglamentación ambiental vigente y el desarrollo de las tecnologías disponibles. Aprender los aspectos fundamentales para el diseño de sistemas de tratamiento, recuperación y reciclaje de residuos sólidos.

Contenido:

- Introducción: origen. Contaminación de los suelos y los recursos hídricos por residuos sólidos y sus lixiviados. Situación actual nacional e internacional.
- Clasificación: residuos sólidos industriales (RIS) y residuos sólidos urbanos (RUS). Residuos sólidos peligrosos y no peligrosos. Origen, propiedades físicas, químicas y biológicas; composición.
- Legislación: historia, definiciones, legislación nacional vigente, normas técnicas.
- Tecnologías de tratamiento y recuperación: RISEs, RUSEs. Tratamientos físicos, químicos y biológicos.
- Reciclaje: materiales reciclables, mercado, subsidios.
- Sistemas de manejo, transporte y disposición de RS:
- Diseño de sistemas de manejo de RS: rellenos sanitarios, rellenos industriales, digestores anaeróbios, sistemas de compostaje.
- Prevención de la contaminación.

IIQ3402 Diseño estadístico, optimización y análisis multivariado

Créditos: 10

Requisitos: Autorización del profesor

Semestre: II

Objetivos: Conocer, seleccionar, aplicar e interpretar las diferentes pruebas estadísticas. Seleccionar los distintos tipos de diseños estadísticos e interpretar los resultados en concordancia con el tipo de problema científico a estudiar. Saber introducir los resultados experimentales, obtener los resultados estadísticos de estos experimentos mediante un sistema computacional moderno e interpretar estos resultados adecuadamente; sabiendo definir el cumplimiento de los requisitos de cada prueba estadística utilizada.

Contenido:

- Procesamiento estadístico básico de datos: Conceptos básicos. Cálculo de estadígrafos de tendencia central: media mediana y moda. Cálculo de estadígrafos de variabilidad: varianza, desviación standard, coeficiente de variabilidad, error standard. Estadígrafos de forma: coeficiente de asimetría y de kurtosis o esbeltez. Determinación de los intervalos de confianza y comparación de medias por t de Student y la distribución normal.
- Análisis de varianza y comparación múltiple de medias. Diseños completamente al azar. Requisitos del análisis de varianza (adecuación a la normal y homogeneidad de varianza por Bartlett o por Cochran). Bloque al azar cuadrado latino. Jerarquizado o anidado. Diseños factoriales. Comparación múltiple de medias por Tuckey, Duncan y diferencias mínimas significativas. Gráficos de medias e intervalos de confianza.
- Obtención de modelos por regresión simple, múltiple y no lineal. Conceptos básicos de regresión y correlación. Cálculo de los coeficientes de diferentes tipos de modelos (modelos lineales, polinomiales y de regresión múltiple). Determinación de los coeficientes significativos y sus intervalos de confianza. Determinación del coeficiente de determinación, correlación, F de Fisher y su probabilidad, Análisis de residuos. Durbin y Watson y error del estimado o de los residuos.
- Diseño estadístico y optimización. Diseño estadístico mediante planes factoriales completos, fraccionarios y saturados. Método de Box y Wilson o de la pendiente ascendente para localizar el óptimo de un sistema. Diseños cuadráticos o de superficie de respuesta para optimizar un sistema. Análisis de gráficos de superficies de respuesta. Determinación del óptimo.
- Análisis multivariado. Matriz de correlación y varianza covarianza. Método de los componentes principales. Análisis discriminante. Técnica de Cluster o análisis clasificatorio.

IIQ3442 Conversión directa de la energía

Créditos: 10

Requisitos: IIQ2422 Energía I

Semestre: II

Objetivos: capacitar al alumno para analizar los métodos convencionales y avanzados usados para lograr una conversión eficiente de la energía a estados de mayor utilidad para la sociedad. Evaluar los diferentes diseños empleados con tal fin.

Contenido:

- Producción de energía núcleo-eléctrica: fisión nuclear. Física de reactores nucleares Ingeniería de reactores nucleares. Ciclo de combustible nuclear.
- Conversión directa termoeléctrica: portadores de carga y materiales. Efectos termoeléctricos. Conversión termoeléctrica básica. Diseños optimizados. Refrigeración termoeléctrica. Evaluación de artefactos termoeléctricos.
- Conversión Fotoeléctrica: radiaciones y fotones. Efecto fotovoltaico. El convertidor de energía fotoeléctrica. Consideraciones de diseño. Materiales y fabricación.
- Conversión termoiónica: operación del convertidor de energía termoiónica. Emisión termoiónica. El convertidor de vacío. El convertidor de gas.
- Conversión fluidodinámica: Principios básicos de la conversión magnetohidrodinámica. Leyes fundamentales de la magnetohidrodinámica (MHD). Mecanismos de pérdida en la MHD. Sistema convertidores MHD en plasmas. Convertidores MHD en metales líquidos. Conversión electrogasdinámica (EGD). Análisis básico de un convertidor EGD.
- Celdas de combustible: La celda de combustible básica. Energía liberada en una reacción química continua. Potencial estándar de celda. Relaciones de temperatura y presión en la celda de combustible. Operación de una celda de combustible bajo carga. Desarrollo de la celda de combustible.

IIQ3602 Biopolímeros

Créditos: 10

Requisitos: Autorización del profesor

Semestre: II

Objetivos: presentar una visión integrada de las propiedades físicas, químicas microestructurales y reológicas de algunos biopolímeros y su aplicación como materiales en alimentos, biotecnología y medicina; Capacitar al alumno para caracterizar cuantitativamente un biopolímero complejo usando equipos de punta y presentar un informe de laboratorio.

Contenido:

- Polímeros y biopolímeros: nomenclatura, ejemplos, estructura química. Formación de polímeros: reacciones de polimerización y biosíntesis de polímeros naturales.
- Termodinámica de polímeros: soluciones poliméricas. Estados cristalino y amorfo.
- Estado vítreo: concepto. Calorimetría diferencial de rastreo.
- Propiedades térmicas: Transiciones de fase. Calorimetría diferencial y otras técnicas.
- Reología: aspectos fundamentales de flujo y deformación. Teorías moleculares y estructurales. Fenomenología de sólidos, líquidos y materiales viscoelásticos. Métodos experimentales. Análisis e interpretación de datos
- Microscopía de biopolímeros: microscopía de luz y electrónica. Técnicas avanzadas de microscopía.
- Microestructura de biomateriales: microestructura de alimentos y tejidos. Principales estructuras. Análisis de imágenes. Aplicaciones.
- Geles: materiales gelificantes, teoría de formación de geles. Geles mixtos. Relación estructura-propiedades.

- Biopolímeros en alimentos: extrusión y texturización. Estructuramiento de nuevos alimentos, microencapsulación.
- Biopolímeros en biotecnología: sistemas acuosos de dos fases, liberación controlada, inmovilización de enzimas. Hidrogeles e implantes.

IIQ3612 Microbiología industrial

Créditos: 10

Requisitos: QUM1002 Bioquímica general

Semestre: I

Objetivos: estudio de los agentes biológicos responsables de la transformación de materias primas en productos y servicios; manejo básico de microorganismos en laboratorio; tópicos en microbiología. Visita de industrias.

Contenido:

- La célula microbiana.
- Bacterias: características generales. Ecología microbiana. Eubacterias; morfología. Citología; composición.
- Seminario: paredes bacterianas.
- Bacterias: taxonomía. Géneros industriales más importantes. Evolución. Arqueobacterias.
- Hongos: características generales – composición – taxonomía. Hongos: levaduras. Crecimiento microbiano (poblaciones): nociones básicas – cuantificación; Cultivo batch. Medios de cultivo; Cultivo fed-batch y continuo. Fermentación sobre sustrato sólido; sobrevivencia y muerte microbiana; Esterilización y agentes antimicrobianos.
- Seminario: crecimiento microbiano. Energética: entrada de nutrientes a la célula; Producción de energía. Importancia de ATP; Fermentación – respiración. Anaerobiosis; fotosíntesis – litotrofia. Almacenamiento.

- Seminario: energética microbiana.
- Seminario: ingeniería genética.
- Seminario: regulación expresión.

IIQ3642 Ingeniería de bioprocesos

Créditos: 10

Requisitos: QUM1002 Bioquímica general, Autorización del profesor

Semestre: I

Objetivos: capacitar al alumno para el desarrollo de modelos que contemplen los aspectos de diseño y comportamiento dinámico de los bioprocesos y la simulación computacional de éstos, especialmente para el caso de biorreactores con problemas de estados múltiples y comportamiento dinámico no lineal. También se contempla algunas nociones de instrumentación y control.

Contenido:

- Biorreactores. Ecuaciones de balance. Problemas estacionarios: estados estacionarios múltiples. Problemas dinámicos: sistemas no lineales. Reactores batch. Reactores continuos agitados.
- El problema de multiplicidad de estados estacionarios. Condiciones de multiplicidad de acuerdo con la cinética. Condiciones de estabilidad. Multiplicidad de condiciones de entrada.
- Comportamiento dinámico de biorreactores. Plano de fase. Reactores en lazo cerrado.
- Reactores catalizados por enzimas. Catálisis enzimática. Reacción de Michaelis Menten. Reactores catalizados por enzimas. Reactores tubulares y de torre. Reactores en serie.

- Análisis de poblaciones microbianas interactuantes. Clasificación. Competición: sobrevivencia del mejor dotado. Depredación y parasitismo. Efecto del número de especies.
- Instrumentación y control. Sensores físicos. Proceso de muestreo. Acondicionamiento de señales. Elementos de control digital.
- Taller de casos: Bioconversión de almidón de desecho. Procesamiento de desechos alimenticios. Bioconversión de suero de queso a ácidos orgánicos. Conversión biológica de lignocelulosa.

IIQ3652 Avances en tecnología de alimentos

Créditos: 10

Requisitos: IIQ2642 Procesamiento de alimentos

Semestre: I

Objetivos: Describir los aspectos fundamentales del procesamiento y la conservación de alimentos. Analizar las operaciones típicas que se emplean en los procesos de transformación de alimentos desde un punto de vista bioquímico, fisicoquímico, microestructural y tecnológico.

Contenido:

- Avances en aspectos básicos de la tecnología de alimentos. Transiciones vitreas. Efecto de la temperatura de almacenamiento y la de transición vítrea (T_g) en la estabilidad de alimentos. Cinética de deterioro de alimentos. Vida útil de productos.
- Fenómenos de transferencia de calor y masa en tecnología de alimentos. Estudio de casos (fritura, extracción, secado, congelación, atmósferas modificadas, etc.)
- Avances en el procesamiento de alimentos. Desarrollo en procesos de secado (deshidratación osmótica, secado por aspersion y/o liofilización). Procesos

térmicos y no térmicos de pasteurización y esterilización de alimentos (microondas, calentamiento óhmico, irradiación, tratamientos a altas presiones, ultrasonido y/o aplicación de pulsos eléctricos y/o magnéticos). Procesamiento mínimo de alimentos. Aplicación de recubrimientos comestibles. Análisis microestructural y relación con fabricación de alimentos. Microscopía, análisis de imágenes, extrusión

IIQ3662 Seminario de postgrado

Créditos: 10

Requisitos: Alumno postgrado

Semestre: II

Objetivos: desarrollar una propuesta de investigación relacionada con el procesamiento de alimentos; desarrollar la capacidad de lectura y presentación de resultados, temas bibliográficos, etc.; desarrollo de espíritu crítico y evaluación de temas afines a su formación.

Contenido:

- Elementos básicos para la presentación de trabajos.
- Exposición delante de los profesores de un trabajo bibliográfico o avance de tesis previamente asignado al principio del semestre.
- Charlas de profesores invitados.
- Charlas de profesores del departamento.

IIQ3672 Bioseparaciones

Créditos: 10

Requisitos: IIQ2022 Operaciones unitarias II y/o IIQ2032 Operaciones unitarias III o Autorización del profesor

Semestre: II

Objetivos: presentar en forma rigurosa los principios básicos de procesos seleccionados especialmente adaptados para el aislamiento y purificación de principios activos a partir de materiales biológicos. Revisar en forma detallada los procesos de concentración con membranas y purificación cromatográfica aplicados en el procesamiento de biomateriales. Revisar procesos de separación de última generación basados en el uso de fluidos supercríticos como solvente.

Contenido:

- Extractos naturales. Selección de solventes para la extracción de principios activos en productos naturales. Relaciones microestructura-extractabilidad en la extracción de sustratos. Ejemplos seleccionados: destilación por arrastre con vapor; tecnologías de extracción específicas en biotecnología.

- Procesos de separación y concentración con membranas. Química, estructura, función y propiedades de las membranas. Modelamiento de procesos de ultrafiltración y osmosis reversa. Equipos. Diseño de procesos. Aplicaciones biotecnológicas.

- Procesos de purificación cromatográfica. Principios básicos de separación. Clasificación de procesos cromatográficos. Aplicaciones analíticas.

Escalamiento de la separación cromatográfica y desarrollo de procesos continuos (por ejemplo, lechos móviles simulados). Aplicaciones de la cromatografía preparativa en biotecnología.

- Uso de fluidos supercríticos (FSs) como solventes. Propiedades físicas de FSs y equilibrio entre fases a altas presiones. Aplicaciones CO₂ como solvente. Procesos de extracción de sustratos sólidos: modelamiento y aplicaciones. Extracción de sustratos líquidos. Separaciones cromatográficas con FSs.

IIQ3701 Ingeniería de productos e innovación

Créditos: 10

Requisitos: Licenciatura aprobada y buen dominio del idioma inglés

Semestre: I

Objetivos: Introducir conceptos de desarrollo de productos, rol de la ciencia y tecnología en la innovación y bases para la creación de empresas basadas en productos de alta tecnología. Reforzar el trabajo en equipo a través de un proyecto final que simule el desarrollo de un producto nuevo o la creación de una empresa tecnológica.

Contenido:

- La función de investigación y desarrollo (I&D) dentro de la empresa, organización de la I&D.
- Desarrollo de productos. Marketing de productos.
- Ciencia, tecnología e innovación.
- El espíritu empresarial.
- Análisis de oportunidades tecnológicas.
- El equipo de trabajo.
- Planes de negocio. Financiamiento de nuevos negocios. Aspectos legales.

IIQ3712 Laboratorio de bioprocesos

Créditos: 10

Requisitos: IIQ3612 Microbiología industrial

Semestre: I

Objetivos: formación práctica en biotecnología industrial. Incursionar en cada una de las etapas de un proceso biológico de producción de un compuesto de interés industrial. Interiorizarse en el manejo de microorganismos, evaluación de parámetros críticos en biorreactores, aplicación de diferentes sistemas de

cultivo para la producción de metabolitos, determinación de parámetros cinéticos, implementación de técnicas analíticas sofisticadas para la optimización de bioprocesos y análisis crítico de datos.

Contenido:

- Introducción al laboratorio de bioprocesos.
- Aislamiento de microorganismos de interés industrial.
- Caracterización e identificación de microorganismos de interés industrial I: bacterias.
- Caracterización e identificación de microorganismos de interés industrial II: hongos.
- Cinética de crecimiento en matraces (medios de cultivos líquidos definidos y complejos).
- Cultivo sobre sustrato sólido y alimentos fermentados.
- Biorreactores I: diseño e instrumentación y control (sensores: T, O₂, etc.).
- Biorreactores II: determinación de k_{la}-agitación.
- Sistemas de cultivo I: cultivo batch aerobio/anaerobio.
- Sistemas de cultivo II: cultivo continuo.
- Sistemas de cultivo III: cultivo fed-batch
- Análisis I: Instrumental analítico: GC, HPLC, analizadores de gases.
- Análisis II: El Proteoma; separación 2D de proteínas (Isoelectroenfoque y SDS PAGE).

La Pontificia Universidad Católica de Chile ofrece las siguientes especializaciones:

Especialización en biotecnología

El programa considera cursos y el desarrollo de una tesis de investigación en biotecnología o biomateriales.

Cursos recomendados:

- IIQ 3002 Métodos computacionales en Ingeniería Química
- IIQ 3322 Control avanzado de procesos
- IIQ 3302 Modelación y simulación de procesos dinámicos
- IIQ 3602 Biopolímeros
- IIQ 3612 Microbiología industrial
- IIQ 3622 Ingeniería bioquímica
- IIQ 3632 Operaciones unitarias en industria de alimentos
- IIQ 3642 Ingeniería de bioprocesos

Especialización en medio ambiente y procesos de descontaminación

La especialización se realiza mediante cursos afines específicos y el desarrollo de una tesis en alguna de las siguientes líneas: contaminación atmosférica, modelos determinísticos de la calidad del aire, dinámica de la calidad del aire, residuos sólidos y lodos (prevención de la contaminación y gestión de residuos o sistemas de tratamiento y disposición), modelación dinámica de procesos de descontaminación o prevención de la contaminación.

Cursos recomendados:

- IIQ 3002 Métodos computacionales en Ingeniería Química
- IIQ 3012 Tópicos avanzados en Ingeniería Química
- IIQ 3302 Modelación y simulación de procesos dinámicos

- IIQ 3322 Control avanzado de procesos
- IIQ 3442 Conversión directa de la energía
- IIQ 3462 Contaminación atmosférica
- IIQ 3362 Residuos sólidos

Especialización en ingeniería de alimentos

La especialización se lleva a cabo a través de un paquete de cursos y la realización de una tesis en los siguientes temas: propiedades físicas de alimentos, microestructura de alimentos, procesamiento de alimentos o extractos naturales.

Cursos recomendados:

- IIQ 3002 Métodos computacionales en Ingeniería Química
- IIQ 3602 Biopolímeros
- IIQ 3612 Microbiología industrial
- IIQ 3622 Ingeniería bioquímica
- IIQ 3652 Avances en tecnología de alimentos
- QPG 3260 Métodos de separación analíticos

ANEXO 4

Perfiles

a. Universidad de Stanford

Perfil de ingreso:

- a) Principios y habilidades: Proveer una comprensión básica de los principios de la Ingeniería Química junto con resolución de problemas analíticos y habilidades de comunicación necesarias para tener éxito en diversas carreras, incluyendo la práctica de Ingeniería Química y la investigación académica.
- b) Preparación para cambios y prácticas diversas: Preparar estudiantes para prácticas satisfactorias en un campo cuyo enfoque está constantemente cambiando y creciendo con perspectivas a largo plazo que tiene en cuenta nuevas herramientas, nuevos significados de dispersar y controlar la información, nuevos enfoques de áreas tales como biotecnología e ingeniería molecular, y cada vez más complejas expectativas profesionales y sociales
- c) Preparación para el trabajo de graduación: Preparar estudiantes para el trabajo de graduación con perspectivas a corto y/o largo plazo de investigaciones en las ciencias químicas e Ingeniería Química
- d) Preparación para el servicio: Preparar y desarrollar habilidades de los estudiantes, conciencia y empezar a convertirlos en ciudadanos responsables, empleados y líderes en sus comunidades y en el campo de la ciencia química.

Perfil de egreso:

- a) Competencia y habilidad para aplicar el conocimiento de la ingeniería, matemática a través de ecuaciones diferenciales, probabilidades y estadísticas y ciencia incluyendo física, química y biología
- b) Habilidad para diseñar y realizar experimentos tanto como analizar e interpretar resultados
- c) Habilidad para diseñar sistemas, componentes o procesos que satisfagan necesidades
- d) Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios
- e) Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería
- f) Una comprensión profesional y responsabilidad ética
- g) Habilidad para comunicarse eficientemente
- h) Los conocimientos generales necesarios para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social.
- i) Un reconocimiento de las necesidades y una habilidad para dedicarse al aprendizaje de toda la vida
- j) Conocimiento de temas contemporáneos
- k) Habilidad para usar las técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la ingeniería.

b. Universidad de Cambridge

La universidad de Cambridge no presenta dentro de su página web el perfil de ingreso y egreso de la carrera de Ingeniería Química.

c. Universidad Nacional Autónoma de México

Perfil de ingreso:

El alumno requiere poseer conocimientos sólidos de matemáticas en las áreas de álgebra, geometría analítica y cálculo diferencial e integral de funciones de una variable. También debe contar con buenos conocimientos de física, particularmente en lo que respecta a los temas relacionados con mecánica, electricidad y magnetismo, así como buenos conocimientos de química inorgánica y de química orgánica. Es también indispensable que posea conocimientos de inglés, por lo menos a nivel de comprensión de textos y de computación.

En lo tocante a las habilidades, es importante que posea disposición para el trabajo en equipo, espíritu creativo, capacidad de análisis y síntesis, así como de adaptación a situaciones nuevas.

Perfil de egreso:

La Facultad de Química ha marcado como uno de sus objetivos formar ingenieros químicos con una preparación que les permita participar en la concepción, diseño, construcción, operación y administración de plantas de proceso en las que la materia prima se transforme de una manera económica en productos químicos útiles al ser humano, preservando el medio ambiente, buscando el uso óptimo de los recursos energéticos y la seguridad de operarios y pobladores.

Para lograr este propósito la Facultad de Química proporciona al egresado un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que le permiten iniciar con éxito su actividad profesional.

Los conocimientos se proporcionan en cuatro grandes niveles: básicos generales, fundamentales de la profesión, aplicados y complementarios. Dentro de los básicos generales se encuentran los relacionados con las áreas de física, química y matemáticas. Los fundamentales de la profesión se encuentran principalmente en las áreas de fisicoquímica e Ingeniería Química y entre los más importantes se pueden mencionar los relacionados con termodinámica, cinética química, balances de materia y energía, así como con fenómenos de transporte. Entre los conocimientos aplicados de mayor relevancia se pueden mencionar los relacionados con flujo de fluidos, transferencia de calor, procesos de separación, diseño de reactores, diseño de procesos, dinámica y control de procesos e ingeniería de proyectos. Finalmente dentro de los complementarios encontramos los relacionados con economía, administración, ecología, ciencias sociales y humanidades.

Asimismo, el egresado de Ingeniería Química desarrolla un conjunto de habilidades que le permiten el adecuado desempeño de sus funciones profesionales, entre las más importantes se distinguen aquellas para trabajar en equipo, resolver problemas, aplicar conocimientos ingenieriles de manera creativa, integrar conocimientos, formular modelos, interpretar resultados y comunicar ideas.

Además de conocimientos y habilidades, el egresado de Ingeniería Química debe también adquirir actitudes que le permitan un buen desempeño de su actividad profesional, entre las más importantes que se buscan desarrollar en el egresado están las que le permitan comportarse de forma honesta, responsable, solidaria y proactiva.

En forma específica se puede decir que el egresado de esta licenciatura en Ingeniería Química posee la formación necesaria para:

Conocimientos:

- Utilizar los principios de las ciencias básicas, conceptos matemáticos y los métodos propios de las ingenierías para resolver problemas científicos y prácticos de complejidad elemental en el ámbito profesional y de carácter multidisciplinario.
- Comprender la información técnica de su ámbito, disponible en lengua inglesa, y comunicarse satisfactoriamente en forma oral y escrita en este idioma.
- Mantener una actualización continua de sus conocimientos, mediante la consulta de fuentes de información y asistencia a foros relevantes para la profesión.

Habilidades:

- Comunicar conocimientos, técnicas, métodos y resultados derivados de su propio trabajo en forma oral y escrita, con claridad, orden, limpieza, sencillez y un uso gramatical correcto en la presentación.
- Entender las implicaciones económicas de los procesos industriales de transformación y aplicar los conceptos básicos de economía para analizar y mejorar operaciones o determinar la viabilidad de inversiones integrales o complementarias.
- Comprender la importancia de la seguridad y la protección al medio ambiente, y aplicar los conocimientos de las ciencias básicas y la ingeniería para mitigar los riesgos y las emisiones contaminantes en las operaciones de transformación industrial.

Actitudes:

- Mostrar actitudes de colaboración para el trabajo de grupo, tanto interdisciplinario como multidisciplinario.
- Relacionarse e interactuar con los campos de acción profesional de las diferentes disciplinas científicas, de ingeniería, de humanidades y culturales.
- Asumir el ejercicio profesional con entusiasmo, responsabilidad y un alto sentido ético.

d. Universidad de Buenos Aires

El perfil del graduado es el siguiente:

- Es un profesional capaz de afrontar el desarrollo integral de proyectos de la industria de procesos, su operación y la asistencia técnica de plantas en las que intervienen transformaciones físicas, químicas y de bioingeniería, interviniendo en las etapas de estudios de factibilidad, diseño, cálculo, construcción, instalación, puesta en marcha y operación de plantas de procesos y de sus servicios complementarios.
- Ha sido formado en la metodología del trabajo en equipo y ha asimilado el lenguaje técnico que le permite interactuar con los profesionales de otras ramas de la ingeniería y de otras disciplinas presentes en todo desarrollo industrial.
- Su preparación le permite conocer el contexto socio económico, donde aplicará los conocimientos adquiridos de la profesión, propendiendo al desarrollo industrial del país y contribuyendo a una mejora del nivel de vida de la sociedad.

- Actuará en el marco de la protección del ambiente y podrá participar en la organización y conducción de empresas o grupos de investigación desarrollando su actividad tanto en forma independiente como en relación de dependencia en pequeñas, medianas o grandes empresas y/o centros de investigación.

e. Pontificia Universidad Católica de Chile

La Pontificia Universidad Católica de Chile no presenta dentro de su página web el perfil del estudiante de Ingeniería Química.

ANEXO 5

Departamento de investigaciones

a. Universidad de Stanford

Los intereses de investigación en el Departamento de Ingeniería Química es cubrir una amplia gama de temas relacionados con la química, bioquímica y de ingeniería de procesos. El Departamento es consciente de la creciente la gama de industrias a las que los conocimientos de Ingeniería Química puede ser útilmente aplicada y está a la vanguardia de la evolución teórica y experimental dentro de la disciplina.

Las actividades de investigación son actualmente aprobadas en los siguientes campos: mecanismos estadísticos aplicados, biocatálisis, bioingeniería, ciencia de los coloides, ciencia de materiales computarizados, materiales electrónicos, estabilidad hidrodinámica, cinética y catálisis, mecánica de fluidos Newtonianos y no-Newtonianos, ciencia de los polímeros, reo-óptica de sistemas de polímeros y ciencia de superficie e interface.

b. Universidad de Cambridge

El personal académico en el Departamento de Ingeniería Química trabajan en uno o más de los cuatro temas de investigación: modelización, técnicas de medición, microestructuras y procesos.

Modelización:

La elaboración de modelos es una disciplina básica en el departamento de Ingeniería Química. Hay varios grupos a la vanguardia en el desarrollo de nuevas técnicas de elaboración de modelos.

- Modelo analítico de la dinámica de fluidos y procesos de transporte
- Modelos estocásticos de nanopartículas y síntesis de polvo y simulación de motores
- Procesos de optimización basados numéricamente
- Moldeo de elementos discretos en lechos fluidizados y sistemas de extrusión.

Medición:

El ingeniero químico debe entender la ciencia de los sistemas complejos con el fin de formar productos que poseen las propiedades funcionales requeridas y para desarrollar procesos de interpretación fundamentales. Técnicas de medición novedosas permiten obtener nueva información sobre el sistema de interés y desarrollar una más precisa comprensión de los procesos implicados. El tema de investigación de medidas reúne a la investigación en el departamento que se ocupa del desarrollo de nuevas capacidades de medición. Una vez que se desarrollan nuevas técnicas son aplicadas a través de todas las actividades de investigación en el departamento. Los principales intereses del departamento se centran en los siguientes ámbitos:

- Imagen por resonancia magnética y espectroscopía THz e imágenes
- Espectroscopia láser
- Medición dinámica de fluidos

- Reometría de multipasos
- Difracción de rayos X

Microestructura:

La íntima relación entre la microestructura del material y sus propiedades es de fundamental interés para el ingeniero químico. La comprensión de cómo el proceso afecta la microestructura del material es crucial para poder adaptar las propiedades finales del material y, por tanto, su idoneidad para una aplicación particular. El departamento ha desarrollado con éxito una serie de novedosas técnicas para investigar la microestructura de los materiales durante procesos utilizando imágenes por resonancia magnética, rayos X y métodos ópticos; estas técnicas permiten condiciones de procesamiento para ser recreadas en una manera controlada y sus efectos sobre el material a ser cuantitativamente y cualitativamente examinados. Los proyectos actuales incluyen:

- La investigación de la composición y la temperatura de procesamiento de sólidos suaves
- El control de la morfología de congelación de los materiales secos
- La investigación de la formación de nanoestructura en bloques de copolímeros
- El tratamiento de las películas microcapilares y monolitos microcapilares

Procesos:

Los procesos son una importante clave de investigación, con una serie de colaboraciones interdisciplinarias actualmente en curso en el departamento. Lo más destacado de los trabajos que se llevan a cabo dentro de este tema incluyen:

- Trabajo experimental y teórico en el comportamiento de las moléculas en los sólidos porosos
- Generación sostenible de energía por combustión y gasificación
- Diseño de purificación, formulación y administración de fármacos de alta potencia para los procesos biológicos
- La aplicación de la resonancia magnética (RM), técnicas para el estudio de la catálisis, reactores y dispositivos microfluídicos

c. Universidad Nacional Autónoma de México

La investigación en la Facultad de Química se fortalece e institucionaliza a partir de la creación de sus primeros postgrados en el año de 1965. El número de académicos en la facultad involucrados en actividades de investigación y postgrado es cercano a los 170, de los cuales 138 pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) y casi la mitad de éstos están clasificados dentro de los niveles más altos.

Se ha fortalecido la investigación aplicada, en la que es cada vez más común la participación del sector industrial. De esta forma, los estudiantes encuentran toda una gama de opciones de investigación, versátil y de calidad, con la cual realizar sus estudios de postgrado.

A través del tiempo la Facultad de Química ha construido una infraestructura humana y de equipos para la investigación que la han colocado como una de las instituciones más sólidas de la química en México. Sus más de 130 miembros del Sistema Nacional de Investigadores avalan la calidad del trabajo que ahí se realiza. Este enorme potencial la coloca en la posición de ofrecer a los sectores privado y público servicios analíticos de investigación y de desarrollo de tecnología, fundamentales en el área de la salud, de la industria alimentaria y farmacéutica, así como petrolera y minera, derivado de la vasta experiencia acumulada por sus investigadores y por su personal técnico y de servicio.

Actualmente se cuenta con las siguientes áreas donde se ofrecen servicios analíticos de apoyo a la investigación y a la industria:

- Unidad de Servicios Analíticos para la Investigación (USAI)
- Unidad de metrología
- Departamento de control analítico
- Laboratorio de reología y propiedades mecánicas de materiales
- Laboratorio de química y análisis de alimentos
- Departamento de Ingeniería Química
- Unidad analítica para estudios de bioequivalencia
- Unidad de Experimentación Animal (UNEXA)
- Laboratorio de cultivo de tejidos vegetales
- Cepario

La investigación dentro de la facultad de Química no se concibe como una meta en sí misma. Una característica relevante de los académicos de la facultad es su compromiso con labores docentes y de tutoría, a niveles de licenciatura y de postgrado, por lo que docencia e investigación van de la mano. De esta manera se asegura que los alumnos que ingresan a las licenciaturas de

la facultad o los alumnos de postgrado reciben la mejor preparación. El fin último es realizar investigación de vanguardia mediante la formación de recursos humanos de alto nivel.

d. Universidad de Buenos Aires

En el departamento de Investigación y desarrollo se cuenta con los siguientes laboratorios:

- Laboratorio de ingeniería de reservorios
- Laboratorio de microbiología industrial - biotecnología
- Laboratorio de microbiología industrial - tecnología de alimentos
- Laboratorio de procesos catalíticos
- Proyecto de investigación: Modelización y control automático de sistemas

e. Pontificia Universidad Católica de Chile

Laboratorios de investigación:

1. Laboratorio de extracción de productos de alto valor agregado. Cuenta con laboratorios especializados: laboratorio de micro-filtración y laboratorio de extracción subcrítica.
2. Laboratorio de Química y Bioprocesos. Cuenta con equipos de análisis de saponinas y equipos de extracción de aceites y conversión en biodiesel.

3. Laboratorio de Biotecnología. En el se lleva a cabo investigación científica aplicada a la creación de innovación y valor para la industria vitivinícola. Para ello, se emplean herramientas de diversas áreas tales como Ingeniería de procesos, Microbiología, Bioquímica, Biología Molecular y Biología de sistemas.

4. Laboratorio procesos de remediación ambiental. Su objetivo fundamental se centra en proporcionar a la comunidad y al mundo empresarial nacional e internacional el conocimiento, estrategias y tecnologías necesarias para alcanzar un desarrollo sostenible.

Las actividades del grupo multidisciplinario de trabajo se enfocan en las siguientes áreas de trabajo:

I. Tecnologías de remediación: enfocada en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo, la biorremediación de residuos líquidos mineros con altas concentraciones de metales y sulfatos; y aplicaciones de tratamientos híbridos térmico-biológicos para el tratamiento de suelos y residuos sólidos contaminados con orgánicos persistentes.

II. Captura de carbono y energías renovables: enfocada en el aprovechamiento de residuos como fuente de energía renovable, la producción de materias primas renovables para la producción de biocombustibles, la producción biológica de compuestos orgánicos naturales de alto valor, el diseño de bioreactores y fotobiorreactores, y la captura biológica de CO₂.

III. Modelación fenomenológica: aporta con el desarrollo de modelos fenomenológicos y simuladores matemáticos con el fin de comprender (modelación interpretativa) y predecir (modelación enfocada al diseño y operación) el comportamiento de sistemas biológicos dedicados a la remediación ambiental, procesos de producción de fuentes de energías renovables, diseño de reactores y captura biológica de CO₂.

ANEXO 6

Tiempo teórico establecido para cerrar plan de estudios

a. Universidad de Stanford

Hay varias secuencias de cursos de 4 años para graduarse de Ingeniería Química. Si bien cada secuencia empieza en un diferente nivel basado en la previa preparación de los estudiantes, todos completan el grado en el mismo nivel.

b. Universidad de Cambridge

Cambridge ofrece:

- 3 años de cursos universitarios para obtener el título de Bachiller en artes
- 4 años de cursos universitarios para obtener el título de bachiller en artes y maestría en ingeniería

c. Universidad Nacional Autónoma de México

La duración de la carrera es de 9 semestres, aproximadamente 4.5 años.

d. Universidad de Buenos Aires

Las carreras de Ingeniería de la UBA tienen una duración de seis años. Las carreras que se desarrollan en la Facultad de Ingeniería incluyen asignaturas

obligatorias y electivas. Las asignaturas obligatorias forman el tronco principal de aprendizaje de la carrera, mientras que las electivas dan al estudiante la oportunidad de adecuar su aprendizaje a sus intereses y necesidades.

El número de créditos necesarios para acceder al Título de Ingeniero está comprendido entre 240 y 270.

El año lectivo está dividido en dos cuatrimestres de 23 semanas de actividad académica cada uno y un periodo de receso.

Para completar la carrera en el lapso nominal de 6 años se recomienda destinar entre 22 a 28 horas semanales para la concurrencia a clases u otra actividad académica efectiva. Por cada una de las horas efectivas de concurrencia a clases, el estudiante deberá dedicar por lo menos otro tanto para el estudio, redacción de informes, solución de problemas, simulaciones por computadora, preparación de láminas, búsqueda bibliográfica, etc.

El estudiante debe asistir, como mínimo, al 75 % de la totalidad de las clases de asistencia obligatoria y realizar los trabajos prácticos correspondientes, de acuerdo con los plazos previstos. En caso de no cumplir estas condiciones, el estudiante debe recurrir a la asignatura.

e. Pontificia Universidad Católica de Chile

La Pontificia Universidad Católica de Chile no presenta dentro de su página web información sobre el tiempo establecido para cerrar el plan de estudios

ANEXO 7

Formas de graduación

a. Universidad de Stanford

El grado de ingeniero es concedido después de tener un punteo promedio total de 3.0 y completar un mínimo de 107 créditos, incluyendo la investigación y 45 créditos de cursos de conferencias requeridos para el grado de ingeniero.

Todos los candidatos requieren tener una reunión inicial con su comité de lectura, que consiste en dos miembros de la facultad de Ingeniería Química, al finalizar el séptimo semestre. Una reunión adicional debe ocurrir por lo menos una vez al año hasta que todos los requerimientos del grado sean satisfechos. Los estudiantes son fomentados a mantener reuniones más frecuentes para mantener el enfoque y la guía de su proyecto de tesis. Es responsabilidad de cada estudiante programar sus reuniones e informar al servicio de estudiantes la fecha de éstas.

La tesis debe ser presentada en una parte sustancial de investigación equivalente a nueve meses de esfuerzo de tiempo completo y debe ser aprobada por el comité de lectura.

b. Universidad de Cambridge

Los alumnos que superen el tercer año tienen derecho a salir de la universidad con el grado de Bachiller en artes y los que superen el cuarto año tienen derecho al grado de bachiller en artes y maestría en ingeniería.

c. Universidad Nacional Autónoma de México

Requisitos para la titulación:

Haber obtenido el 100% de los créditos y haber aprobado todas las asignaturas del plan de estudios más los requisitos estipulados por la legislación universitaria (Reglamento general de estudios técnicos y profesionales, artículos 21° y 22° y Reglamento general de exámenes) Presentar la constancia de haber realizado el servicio social, de acuerdo a la legislación universitaria. Aprobar el examen de lectura técnica en inglés, mediante constancia expedida por el CELE de la UNAM u otro centro de idiomas de la UNAM. Aprobar el examen profesional que comprenderá una prueba escrita y una oral.

Las opciones para la prueba escrita son las siguientes:

1. Tesis experimental o teórica y réplica oral.
2. Trabajo monográfico de actualización y réplica oral.
3. Informe de la práctica profesional y réplica oral.

d. Universidad de Buenos Aires

El ciclo Superior de cada carrera de Ingeniería, culmina con un trabajo de investigación o desarrollo original e individual del estudiante, que permita una evaluación global antes de su egreso denominado Tesis de Ingeniería. La Tesis podrá ser parte integrante de un desarrollo en equipo de su misma especialidad o multidisciplinario y se lleva a cabo normalmente en los dos últimos cuatrimestres de la carrera. Los estudiantes que así lo deseen pueden reemplazar la Tesis de Ingeniería por la asignatura Trabajo Profesional y un

número de asignaturas electivas cuyos créditos sumados sean iguales a los asignados para la Tesis.

e. Pontificia Universidad Católica de Chile

La Pontificia Universidad Católica de Chile no presenta dentro de su página web información sobre las formas de graduación.

ANEXO 8

Postgrados ofrecidos

a. Universidad de Stanford

Programa de maestría:

El programa de maestría en ciencia está disponible para estudiantes que desean obtener preparación académica adicional después de recibir su grado de licenciado en ingeniería, antes de ejercer una carrera profesional como ingeniero químico. Este grado no es un prerrequisito ni es un paso directo para programa de doctorado. Para otorgar un grado en maestría en ciencias, no es requerida una tesis formal.

Programa de doctorado en filosofía o Ph. D.:

El programa de doctorado en Ingeniería Química está disponible estudiantes que desean profundizar sus conocimientos más allá de su educación universitaria. La meta del programa es crear nuevos conocimientos a través de la investigación y realzar el desarrollo de la creatividad de cada estudiante, criterio, confianza en sí mismo e independencia científica para que el estudiante esté a la vanguardia de la ciencia y la tecnología.

El grado de doctor en filosofía es concedido después de completar un mínimo de 135 créditos de trabajo de graduación y la finalización de algunos requerimientos adicionales de la universidad y los requerimientos del departamento.

Para ser candidato del grado de Ph. D., el estudiante debe pasar ambas partes de la calificación del examen. La primera parte es sometida en el tercer trimestre del estudio y en el estudiante es invitado a hacer una presentación oral en la facultad de una reseña crítica de un estudio publicado. El examen preliminar, en adición al rendimiento en cursos y durante rotaciones de investigación, es la base para determinar si un estudiante puede ser autorizado o no a elegir un asesor de investigación y comenzar el trabajo de investigación doctoral inmediatamente. El fracaso en esta primera parte del examen conduce a la terminación del estudio del alumno hacia el grado de Ph. D, sin embargo, el estudiante puede continuar trabajando hacia el grado de maestría en ciencias; esto también excluye cualquier ayuda financiera más allá de la que se haya concedido. Los estudiantes que pasan el examen preliminar toman la segunda parte del examen en el principio de su segundo año o el quinto trimestre. Este segundo examen delante de la facultad es una presentación oral y defensa de sus actuales trabajos de investigación. Los estudiantes que pasan ambos exámenes deben presentar inmediatamente el formulario de Solicitud para Candidatos del Grado Doctoral aprobado por sus asesores de investigación y al mismo tiempo establecer y conocerse con sus comités de lectura de su disertación doctoral.

La experiencia de docencia es considerada un componente esencial en la formación doctoral. Todos los candidatos a Ph.D. a pesar de la fuente de su soporte financiero, son requeridos para asistir en la docencia en un mínimo de dos cursos de Ingeniería Química.

Es necesario realizar una disertación basada en una investigación exitosa de un problema fundamental en Ingeniería Química al finalizar el quinto año de estudio. El examen oral es una defensa de la disertación y es en la forma de un seminario público seguido por un examen privado. Un rendimiento satisfactorio

en el examen oral y la aceptación de la disertación conduce a otorgar el grado de Ph.D.

Programa de Ph. D. menor:

Un Ph.D. menor es un programa fuera del departamento de Ph.D, Una solicitud para el Ph.D. menor debe ser aprobada por ambos departamentos de mayor y menor Ph. D. Un estudiante deseoso de un Ph.D. menor en Ingeniería Química debe tener un asesor de programa menor quien es un miembro regular de la facultad de Ingeniería Química y debe ser un miembro del comité de lectura para la disertación doctoral.

El programa de Ph.D. menor debe incluir por lo menos 20 créditos de conferencias de nivel graduado (que son los cursos numerados en el nivel 200 o por encima de 200), pero no puede incluir en el mínimo de 20 créditos cualquier curso de 1-2 créditos en Ingeniería Química. En la lista de cursos debe formarse un programa coherente y debe ser aprobado por el asesor del programa de Ph.D. menor y el catedrático del departamento.

b. Universidad de Cambridge

Los títulos de postgrado que se ofrecen son:

- Maestría en filosofía (MPhil) avanzada de Ingeniería Química.
- Doctorado en filosofía (Ph. D.) por la investigación

Requisitos de ingreso para los postgrados:

Debido a la avanzada técnica en que se realizarán los cursos, la ingesta se compondrá principalmente de los estudiantes con un grado con honores en Ingeniería Química. El alcance del curso requerirá que los estudiantes estén muy motivados, sean innovadores, capaces de trabajar de manera eficiente tanto solos como en equipo y que tengan altos niveles de la perseverancia. Los candidatos que no poseen estas cualidades lucharán con cursos intensivos. Los solicitantes tendrán que demostrar al grupo de evaluación un alto nivel de compromiso y diligencia.

c. Universidad Nacional Autónoma de México

Actualmente la Facultad de Química participa en siete programas de postgrado y es sede de la especialización en bioquímica clínica:

- Maestría y doctorado en ciencias químicas
- Maestría y doctorado en ciencias bioquímicas
- Maestría y doctorado en Ingeniería Química
- Maestría en administración (Industrial)
- Maestría en docencia para la educación media superior
- Maestría y doctorado en ciencia e ingeniería de materiales
- Maestría y doctorado en ciencias del mar y limnología
- Especialización en bioquímica clínica

Objetivo de la maestría:

Los estudios de maestría en ingeniería proporcionarán al alumno una formación amplia y sólida en alguno de los campos del conocimiento que

comprende el programa. Desarrollarán en el estudiante una sólida capacidad para el ejercicio profesional y formarán al estudiante para el ejercicio de la docencia o iniciarlo en actividades de investigación y desarrollo.

El tiempo previsto para cursar la maestría en ingeniería será de cuatro semestres (2 años) de inscripción efectiva.

Objetivo del doctorado:

El objetivo de los estudios de doctorado es el de preparar al alumno para la realización de investigación original en el campo disciplinario del programa de su interés, así como proporcionarle una sólida formación, tanto para el ejercicio académico, como para el ejercicio profesional del más alto nivel.

El tiempo máximo previsto para realizar el plan de estudios de doctorado en ingeniería será de nueve semestres (4.5 años) para alumnos provenientes del nivel licenciatura y de seis semestres (3 años) para aquellos provenientes de maestría.

d. Universidad de Buenos Aires

La Universidad de Buenos Aires no presenta dentro de su página web información sobre los postgrados ofrecidos en Ingeniería Química.

e. Pontificia Universidad Católica de Chile

Los grados de maestría y doctorado han permitido a la escuela y a los estudiantes, desarrollar proyectos de investigación muy importantes para el desarrollo de la ingeniería, tanto en Chile como en el continente.

Programa de maestría en ciencias de la ingeniería:

El objetivo de este programa es proporcionar al estudiante conocimientos avanzados en un área de las ciencias de la ingeniería, mediante el desarrollo de un tema de investigación y la aprobación de un conjunto complementario de cursos de especialización.

La duración de los estudios se estima en tres semestres (1.5 años) académicos con dedicación de tiempo completo, aunque reglamentariamente la permanencia mínima en el programa es sólo de dos semestres (1 año). Este programa contempla la realización de 180 créditos, divididos en 70 créditos de tesis de maestría, la cual es producto de una investigación original del estudiante y 110 créditos correspondientes a cursos complementarios para la realización de la investigación.

Es necesario destacar el hecho de que los alumnos de esta escuela tienen la ventaja de poder ingresar al programa inmediatamente obtenida su licenciatura en ingeniería. Así, con una adecuada programación gran parte de los cursos de la maestría pueden coincidir con los de la carrera de Ingeniería Química y la aprobación de la tesis de maestría reemplaza al examen de grado de la carrera.

Programa de Doctor en ciencias de la ingeniería:

El objetivo del programa de Doctorado es proporcionar al estudiante los conocimientos más avanzados en una especialidad de la ingeniería, a través de un programa sistemático de cursos y de la realización de una investigación original conducente a la tesis doctoral. Este aporte requiere necesariamente de un buen dominio del idioma inglés.

La duración de los estudios se estima en siete semestres (3.5 años) académicos con dedicación de tiempo completo, aunque reglamentariamente la permanencia mínima es de cinco semestres (2.5 años). Sin embargo, quienes hayan obtenido el grado de maestría en esta universidad requerirán una estadía mínima para el Doctorado de sólo cuatro semestres (2 años).

Este programa contempla la realización de 350 créditos divididos en 200 créditos de tesis de Doctorado, la cual debe corresponder a una investigación original y significar una contribución al estado del arte en la disciplina, y 150 créditos correspondientes a cursos complementarios para el desarrollo de la investigación