



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

**DESARROLLO DE UN SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE –STI–
UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0 PARA LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE LIXIVIACIÓN INDUCIDA (EXTRACCIÓN
SÓLIDO-LÍQUIDO) ORIENTADO A MATERIALES BIOLÓGICOS
(METABOLITOS)**

David Alejandro Reynoso Revolorio

Asesorado por el Ing. César Alfonso García Guerra

Guatemala, marzo de 2009

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**DESARROLLO DE UN SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE –STI–
UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0 PARA LA FUNDAMENTACIÓN
TEÓRICA DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE LIXIVIACIÓN
INDUCIDA (EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO) ORIENTADO A
MATERIALES BIOLÓGICOS (METABOLITOS)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

DAVID ALEJANDRO REYNOSO REVOLORIO

ASESORADO POR EL INGENIERO CÉSAR ALFONSO GARCÍA GUERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, MARZO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Ing. 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	Ing. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Teresa Lisely de León Arana
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivónne 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:

**DESARROLLO DE UN SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE –STI–
UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0 PARA LA FUNDAMENTACIÓN
TEÓRICA DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE LIXIVIACIÓN
INDUCIDA (EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO) ORIENTADO A
MATERIALES BIOLÓGICOS (METABOLITOS),**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, en noviembre de 2008

David Alejandro Reynoso Revolorio



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

Guatemala 23 de enero 2009

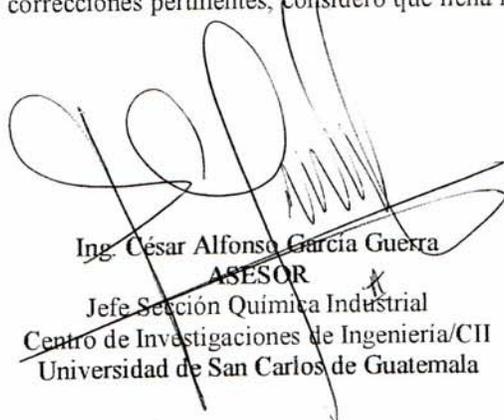
Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director
Escuela de Ingeniería Química
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el informe final de trabajo de graduación titulado **“DESARROLLO DE UN SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE -ITS- UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0 PARA LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE LIXIVIACIÓN INDUCIDA (EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO) ORIENTADO A MATERIALES BIOLÓGICOS (METABOLITOS)”** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Química David Alejandro Reynoso Revolorio, carné No. 2004 - 12361

Por lo cual, después de haber realizado la revisión del respectivo informe final y de haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para su aprobación.

Atentamente,



Ing. César Alfonso García Guerra
ASESOR
Jefe Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/CII
Universidad de San Carlos de Guatemala





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

Guatemala, 23 de Febrero de 2009
Ref. EIQ.064.2009

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

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-015-09-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 INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario **DAVID ALEJANDRO REYNOSO REVOLORIO**, identificado con camé No. **2004-12361**, titulado: "**DESARROLLO DE UN SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE -STI- UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0 PARA LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE LIXIVIACIÓN INDUCIDA (EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO) ORIENTADO A MATERIALES BIOLÓGICOS (METABOLITOS)**" el cual ha sido asesorado por el Ingeniero Químico César Alfonso García Guerra, como consta en el Acta.

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Teresa Lisely 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 Ing. 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 **David Alejandro Reynoso Revolorio** titulado: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE –STI- UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0 PARA LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE LIXIVIACIÓN INDUCIDA (EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO) ORIENTADO A MATERIALES BIOLÓGICOS (METABOLITOS)”**, 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, marzo de 2,009

C.c.: archivo

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.054.2009

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: **DESARROLLO DE UN SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE -STI- UTILIZANDO VISUAL BASIC 6.0 PARA LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA OPERACIÓN UNITARIA DE LIXIVIACIÓN INDUCIDA (EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO) ORIENTADO A MATERIALES BIOLÓGICOS (METABOLITOS)**, presentado por el estudiante universitario **David Alejandro Reynoso Revolorio**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large loop at the top and a vertical line extending downwards, crossing a horizontal line.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, marzo de 2009



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

La Santísima Trinidad, Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo; por estar en todos los momentos de mi vida y haberme permitido culminar esta fase de mi vida. En todo momento serás la guía de mi camino.

Mi madre, Sandra Araceli Revolorio Díaz. Por tu apoyo incondicional, sabiduría y ejemplo de vida. Tus enseñanzas serán siempre recordadas, es un honor dedicarte este acto de graduación a ti, sin tu apoyo nunca lo hubiera logrado.

Mi hermano, Mario Eduardo. Por las enseñanzas recibidas y creer en todo momento en mí, por el apoyo recibido en todos los momentos. Porque el conocimiento que me has dado, han hecho de mí un mejor ser humano.

Mi familia, por ser partícipes de cada uno de los momentos de mi vida, darme consejos y alentarme a ser mejor persona cada día.

La Universidad San Carlos de Guatemala, por ser la casa de estudios donde fueron forjadas las bases de mi profesión y alentarme siempre a seguir aprendiendo, espero ser digno representante sancarlista. Y al Colegio Salesiano Don Bosco, que me formó en las bases para ser un buen cristiano y honrado ciudadano.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios Padre por regalarnos tus dones y estar presente cada día en nuestras vidas, por ser nuestra fuerza en los momentos más difíciles y guiarnos siempre al camino correcto.

Mi madre, Sandra Araceli. Por brindarme la sabiduría y los principios de vida, porque el conocimiento, los valores recibidos, el ejemplo de lucha, sacrificio y dedicación; que me han enseñado cada día a ser mejor persona. Muchas Gracias, serán los fundamentos para seguir en mi vida

Al ingeniero César Alfonso García Guerra, por ser más que un asesor; un amigo. Por ser un profesional que entrega todo su conocimiento en apoyo a la ciencia, investigación e innovación en Guatemala. Gracias por la dedicación, apoyo y esfuerzo realizado en este trabajo de graduación, sin su ayuda todo lo publicado en este trabajo de graduación no hubiera sido posible. Sus consejos y enseñanzas serán el modelo a seguir en mi vida profesional.

A los ingenieros, Williams Guillermo Álvarez, Teresa Lisely de León y Otto Raúl de León. Por su ayuda siempre desinteresada y consejos de vida en todo momento. Gracias por alentarme a buscar la excelencia como persona y como profesional.

Marcela Cárcamo, Mario Guerrero, Karla Morataya, Priscila Muñoz y Claudia Salguero. Por apoyarme de una u otra manera en la realización de este trabajo de graduación, ser parte de mi vida y estar siempre ahí cuando los necesito. Porque gracias a ustedes he aprendido a disfrutar los momentos más sencillos de la vida. Son grandes amigos.

Todos mis compañeros y a las personas que me han brindado apoyo y comprensión, a lo largo de mi vida. Les agradezco mucho.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
HIPÓTESIS	XVIII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Tutoriales Computacionales en Ingeniería.....	3
1.1.1 Evolución de tutoriales educativos.....	5
1.2 La Creatividad y su desarrollo a través de la innovación educativa.....	12
1.3 Sistemas Tutoriales Inteligentes.....	14
1.3.1 Módulo Experto.....	16
1.3.2 Módulo Estudiante.....	17
1.3.3 Módulo Pedagógico.....	18
1.3.4 Módulo Interfaz.....	19
1.4 Nuevas tendencias de Tutoriales Computacionales.....	21
2. MÓDULO PEDAGÓGICO PARA EL ESTUDIO COMPRENSIVO DE LA LIXIVIACIÓN	27
2.1 Definición.....	27
2.2 Elementos Pedagógicos para STI de Lixiviación.....	27

2.3	Aplicaciones para STI de Lixiviación.....	30
2.4	Análisis de Ingeniería Química aplicado para STI de Lixiviación.....	31
2.5	Metodología para la realización de un STI orientado a la lixiviación inducida de materiales biológicos.....	36
3.	MÓDULO EXPERTO PARA EL ESTUDIO COMPRENSIVO DE LA LIXIVIACIÓN.....	41
3.1	Definición.....	41
3.2	Planeación Didáctica.....	42
3.3	Planeación Didáctica aplicada para STI de Lixiviación.....	46
3.3.1	Incubación/Motivación.....	49
3.3.2	Presentación.....	49
3.3.3	Desarrollo.....	50
3.3.4	Fijación.....	50
3.3.5	Integración.....	51
3.3.6	Evaluación del Desempeño.....	52
3.3.7	Rectificación.....	52
3.4	Requisitos del experto para STI de Lixiviación.....	53
3.5	Empleo Módulo Tutor para STI de Lixiviación.....	53
4.	MÓDULO DE ESTUDIANTE PARA EL ESTUDIO COMPRENSIVO DE LA LIXIVIACIÓN.....	55
4.1	Definición.....	55
4.2	Mapas Conceptuales y Diagramas Causa-Efecto.....	55
4.3	Organización y representación de Diagramas en Lixiviación orientada a Metabolitos.....	57
4.3.1	Ordenamiento del conocimiento de la Lixiviación.....	57

4.3.2	La Lixiviación inducida a nivel de práctica experimental (laboratorio).....	59
4.3.3	La Lixiviación inducida como operación unitaria de transferencia de masa.....	60
4.3.4	La Lixiviación y su integración en Ingeniería Química.....	61
4.4	Empleo del Módulo de Estudiante.....	62
4.4.1	Cálculos de Difusión.....	62
4.4.2	Protocolos y Metodología de Cálculo.....	65
4.4.3	Problemas de Lixiviación.....	66
4.4.4	Ordenamiento del Conocimiento.....	67

5. MÓDULO INTERFAZ Y SU APLICACIÓN PARA EL ESTUDIO

	COMPENSIVO DE LA LIXIVIACIÓN.....	71
5.1	Definición.....	71
5.2	Descripción de Microsoft Visual Basic versión 6.0.....	71
5.3	Descripción de Adobe Acrobat versión 7.0.....	74
5.3.1	El Gráfico vectorial.....	76
5.4	Requisitos de la interfaz.....	77
5.5	Instalación y eliminación para aplicación STI de Lixiviación.....	78

6. GESTIÓN E INTEGRACIÓN PARA APLICACIÓN DEL STI

	PARA LA COMPRESIÓN DE LA LIXIVIACIÓN.....	79
6.1	Requisitos.....	80
6.2	Diseño y organización para STI de Lixiviación.....	81
6.3	Recursos de STI de lixivación y su modo de empleo.....	84
6.3.1	Informáticos.....	84
6.3.1.1	Aplicación STI de Lixiviación.....	84

6.3.1.2	Documentación grabada en CD.....	85
6.3.1.3	Hipervínculos.....	86
6.3.2	Impresos.....	89
6.3.2.1	Cartapacio de información.....	89
6.3.2.2	Antecedentes Escuela de Ingeniería Química de lixiviación.....	90
6.4	Integración para STI de Lixiviación.....	92
6.5	Evaluación Descriptiva para STI de Lixiviación.....	95
6.5.1	Instrumento de evaluación	96
6.5.2	Gráficos de evaluación descriptiva.....	97
7.	Discusión de Resultados.....	101
7.1	Aplicación computacional para la comprensión de la Lixiviación mediante un Sistema Tutorial Inteligente.....	101
7.2	Módulos de Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación.....	103
	CONCLUSIONES.....	105
	RECOMENDACIONES.....	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	109
	APÉNDICE.....	113
	ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Relaciones del proceso de Enseñanza-Aprendizaje en <i>software</i> educativo.	8
2	Evolución de Software Educativo	10
3	Relaciones básicas de componentes en STI	15
4	Calidad educativa en los sistemas tutores	19
5	Esquema dinámico del proceso de innovación.	20
6	Dinámica de procesos innovadores.	21
7	Ámbito de desarrollo de una innovación educativa.	22
8	Pedagogía del estudiante en la resolución de problemas	28
9	Pedagogía en los Sistemas Tutoriales Inteligentes	28
10	Proceso Científico de Aprendizaje	29
11	Dinámica e innovación educativa en STI de extracción sólido-líquido (Lixiviación)	31
12	El proceso de Análisis en Ingeniería Química	32
13	Comparación de modelos que utilizan una relación básica y uno modelo para cualquier caso	34
14	Modelo de análisis para el desarrollo del STI para el programa de Lixiviación	35
15	Metodología utilizada en la realización del Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación	37

16	Requerimientos académicos para realizar un STI de Lixiviación	39
17	Proceso Enseñanza-Aprendizaje	42
18	Proceso Sistemático de Enseñanza-Aprendizaje	43
19	Fases del Planeamiento Didáctico	45
20	Ordenamiento general de la Lixiviación	58
21	Diagrama Causa-Efecto para la evaluación de la Lixiviación inducida a nivel laboratorio	59
22	Diagrama Causa-Efecto para la evaluación de la Lixiviación inducida a como Operación Unitaria	60
23	Diagrama Causa-Efecto para la integración de la Lixiviación inducida en la Ingeniería Química	61
24	Interacción entre el Sistema Tutorial Inteligente y la opción hipervínculo, a través de Adobe Reader.	62
25	Ventana típica de cálculo de difusión con dos componentes en el Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación	63
26	Ventana típica de cálculo de difusión de un componente en el Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación	64
27	Descripción de los métodos de trabajo, mediante la resolución de problemas de libros en Ingeniería Química	67
28	Descripción del menú de ordenamiento en el Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación	68
29	Entorno de trabajo del programa de Lixiviación en Visual Basic 6.0	71
30	Interfaz típica del programa Adobe Acrobat	73
31	Instalación del STI de Lixiviación	77
32	Vista Inicial del Programa extracción sólido-líquido (Lixiviación)	82

33	Diagrama de la optimización de Lixiviación a nivel laboratorio mediante el uso de links en Adobe Reader	83
34	Recursos informáticos de STI de Lixiviación	84
35	Recursos informáticos de STI de Lixiviación en CD de Información	85
36	Recursos impresos de STI de Lixiviación	89
37	Integración de objetivos de trabajo de graduación con STI de Lixiviación	93
38	Organización de STI de Lixiviación	94
39	¿El STI de Lixiviación es adecuado para el estudio de transferencia de masa?	98
40	¿La presentación y secuencia de la información del STI de Lixiviación es lógica y ordenada?	98
41	¿El STI de Lixiviación, permite la elección fácil de opciones, por medio de menús claros y bien presentados?	98
42	¿En el STI de Lixiviación el estudiante participa activamente del proceso de enseñanza/aprendizaje?	98
43	¿El contenido es adecuado para alumnos de la Licenciatura en Ingeniería Química?	99
44	Si respondió sí a la pregunta anterior, ¿En qué curso cree que debería introducirse la aplicación STI de Lixiviación?	99
45	Si respondió no a la pregunta anterior ¿a qué nivel cree que debe presentarse la aplicación para STI de Lixiviación?	99
46	¿El STI de Lixiviación es útil para la enseñanza y aprendizaje de la Lixiviación?	100
47	¿El contenido del STI de Lixiviación es preciso y actual?	100

48	¿El STI de Lixiviación fomenta la creatividad y la innovación educativa?	100
49	¿Fue beneficioso y llenó sus expectativas el STI de Lixiviación?	100

TABLAS

I	Planificación de actividades de STI-Lixiviación, de acuerdo al marco educativo de planeación didáctica.	47
II	Hipervínculos de internet relevantes de la Lixiviación	86
III	Antecedentes de Lixiviación en la Escuela de Ingeniería Química.	90
IV	Instrumento de evaluación previo a la evaluación descriptiva	95
V	Instrumento de evaluación del STI de Lixiviación	96
VI	Extracción de materiales biológicos comunes en la Industria de Lixiviación inducida (Extracción Sólido-Líquido)	113
VII	Algunos Procesos Analíticos de transferencia de masa	135
VIII	Resumen de trabajos de graduación de Lixiviación en Escuela de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos de Guatemala	138

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
M	Peso de la muestra
P_f	Peso de tamiz y muestra
P_0	Peso tamiz limpio
r_H	Radio Hidráulico
D	Diámetro equivalente
ϵ	Porosidad
V_t	Volumen global de lecho
V_p	Volumen hueco existente en lecho
ρ_a	Densidad aparente de lecho
ρ_s	Densidad de material que constituye el lecho
w	Peso de muestra de material biológico
v_0	Volumen inicial en Matraz de Le Chatelier
v_f	Volumen final en Matraz de Le Chatelier
J_t	Flux de Solute
r	Dirección de flujo
\mathcal{D}	Difusividad
t	Tiempo de extracción
L	Longitud
\mathcal{D}_{eff}	Difusividad efectiva
ϵ	Fracción de vacío

τ	Tortuosidad
D_1	Difusividad a través de poros intersticiales
D_2	Difusividad a través de partículas
ϕ	Fracción de vacío
c_s	Concentración de la solución
c^*	Concentración del sólido
K_c	Coefficiente de transferencia de masa global
k_t	Coefficiente de transferencia de masa individual
r	Velocidad de reacción
k_m	Coefficiente convectivo de transferencia de masa
α_m	Área por unidad de masa
n	Orden de reacción
C_b	Concentración de líquido lixiviador
C_s	Concentración superficie de partícula
A	Factor de colisión de Arrhenius
E	Energía de Activación
R	Constante de los Gases
T	Temperatura
G	Velocidad de flujo
α_m	Área efectiva de transferencia de masa
α_s	Área de sección transversal del tamiz
μ	Viscosidad
A_f	Longitud de la matriz del tamiz
A_m	Área sección transversal del tamiz
k_0	Velocidad promedio de reacción

k_t	Coeficiente convectivo de burbuja-líquido
σ	Velocidad de disipación de energía
N_p	Número de potencia
D_f	Diámetro de Flecha
W	Masa de partículas en suspensión

GLOSARIO

Adsorción	La adsorción es un proceso mediante el cual se extrae materia de una fase y se concentra sobre la superficie de otra fase (generalmente sólida). Por ello se considera como un fenómeno subsuperficial. La sustancia que se concentra en la superficie o se adsorbe se llama "adsorbato" y la fase adsorbente se llama "adsorbente".
Andragogía	Debido a que los procesos de aprendizaje varía de acuerdo a las edades, es la pedagogía aplicada al adulto
Constante dieléctrica	Medida de la polaridad del solvente.
Diagrama	Representación gráfica que sirve para esquematizar alguna situación o estado en particular.
Difusividad	Se refiere a una medición expresada en are/tiempo para la transferencia de masa debido a un gradiente de concentración en el tiempo
Elución	La elución es la desorción del soluto absorbido mediante un solvente adecuado.

Gráfico rasterizado	Es una estructura o fichero de datos que representa una rejilla rectangular de pixeles o puntos de color, denominada raster, que se puede visualizar en un monitor de ordenador, papel u otro dispositivo de representación.
Gráfico vectorial	Es una imagen digital formada por objetos geométricos independientes (segmentos, polígonos, arcos, etc.), cada uno de ellos definido por distintos atributos matemáticos de forma, de posición, de color, etc.
STI / ITS	Siglas de Intelligent Tutorial System, Sistema Tutorial Inteligente; son aquellos referidos a la habilidad sobre que enseñar, cuando enseñar y como enseñar imitando la actividad de un profesor real.
Lixiviación	La lixiviación es un proceso en el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido.
Metabolitos secundarios	Son aquellas moléculas responsables del efecto terapéutico comprobado que una planta medicinal o aromática posea.
Módulo	Mecanismo que posee una interfaz definida hacia componentes; construido de manera que facilite un proceso determinado
Módulo estudiante	Módulo del sistema tutorial inteligente orientado al proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiante.
Módulo experto	Módulo del sistema tutorial inteligente dedicado al manejo de los conocimientos que se quieren dar a conocer

Módulo tutor	Módulo del sistema tutorial inteligente que trabaja conjuntamente con la interfaz; para crear la aplicación y llevar cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje de un tema en específico
Módulo pedagógico	Módulo del sistema tutorial inteligente que por medio de técnicas educativas, permite incrementar el pensamiento, la autogestión, la calidad de estudio y la creatividad del participante adulto, con el propósito de proporcionarle una oportunidad para que logre su autorrealización.
Percolación	La percolación es el flujo de un líquido a través de un medio poroso no saturado, bajo la acción de la gravedad. El solvente se pone en contacto con el sólido en un proceso que puede ser continuo o batch.
Pixel	Un píxel o pixel (acrónimo del inglés <i>picture element</i> , "elemento de imagen") es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico.
Polaridad	Es la habilidad de formar dos centros opuestos en una molécula. El concepto es usado en solventes para describir las fuerzas interactivas entre solvente y soluto.

RESUMEN

Se diseñó y desarrolló un sistema tutorial inteligente –STI- para la fundamentación teórica de la operación unitaria de lixiviación inducida (extracción sólido-líquido) orientado a materiales biológicos, específicamente a metabolitos con el fin de coadyuvar al estudiante de Ingeniería Química, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de dicha operación unitaria.

Se tomó como base para desarrollar la aplicación, los módulos de estudiante, tutor, pedagógico y experto; para lograr que el STI de Lixiviación fuera un instrumento adecuado en el proceso de enseñanza aprendizaje en la Ingeniería Química. La aplicación computacional fue desarrollada mediante los soportes informáticos Microsoft Visual Basic versión 6.0 y Adobe Acrobat versión 7.0. El conocimiento teórico de la lixiviación inducida fue aplicado a nivel de práctica experimental y su aplicación en el laboratorio/manejo de datos y como operación unitaria de transferencia de masa; dicho levantamiento de información fue desarrollado mediante una serie gráficos, diagramas, correlaciones, metodologías y una base de datos ordenada sistemáticamente para consolidar el conocimiento y aplicabilidad de la Lixiviación en la Ingeniería Química.

Concluida la fase de desarrollo del STI, fue llevada a cabo una evaluación preliminar acerca de la metodología utilizada y la presentación del mismo, de ésta se dieron a conocer interesantes resultados aplicados en la fase final del proyecto de graduación. Realizadas las sugerencias de presentación y técnicas de mejora; fue llevado a cabo una evaluación descriptiva a nivel profesional acerca del tema, donde se obtuvo resultados favorables de la metodología utilizada para aplicar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Lixiviación.

OBJETIVOS

General

Elaborar un sistema tutorial inteligente –STI– para el estudio de la Lixiviación inducida (extracción sólido-líquido) orientado a metabolitos con énfasis en la operación unitaria de transferencia de masa y su proceso de enseñanza-aprendizaje,

Específicos:

1. Elaborar una base de datos relativa a conceptos, teorías y correlaciones matemáticas concernientes a la fundamentación de la teoría de la extracción sólido-líquido (Lixiviación Inducida) para la construcción de los módulos tutor y del estudiante en el STI.
2. Diseñar y elaborar mapas conceptuales y diagramas Causa-Efecto (*Ishikawa*) para la orientación del estudiante de Ingeniería Química, en el aprendizaje de la operación unitaria de transferencia de masa, denominada Lixiviación, construyendo así el módulo pedagógico del STI.
3. Construir un sistema tutorial inteligente para el proceso enseñanza-aprendizaje de la lixiviación inducida desarrollado en la interfaz de programación Microsoft Visual Basic 6.0 apoyado por la vía hipervínculo mediante Adobe Acrobat. Construyendo así los módulos tutor e interfase del STI.

4. Elaborar documentación impresa y grabada en el sistema tutorial inteligente -STI- de lixiviación para coadyuvar al estudiante en el estudio de la operación unitaria de lixiviación en los cursos de transferencia de masa de Ingeniería Química integrando los módulos del STI con la experiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje.

HIPÓTESIS

Mediante un sistema tutorial inteligente –STI- coadyuvado por los soportes informáticos Microsoft Visual Basic versión 6.0 y Adobe Acrobat versión 7.0, puede desarrollarse una base de conocimientos ordenados sistemáticamente concernientes a la lixiviación inducida orientada a metabolitos

INTRODUCCIÓN

La didáctica tecnológica a través de aplicaciones computacionales se ha tornado una herramienta indispensable y hasta el punto de casi necesaria, para la enseñanza de la Ingeniería; la educación hoy en día tiene nuevos desafíos y por lo tanto debe ser obligatoria la creación de nuevas formas o técnicas de enseñanza, el modelo de sistemas tutoriales inteligentes tiene identificados a cuatro componentes que son el modelo de estudiante, el modelo pedagógico, el modelo de conocimiento y la interfaz con el estudiante. Los componentes anteriores, hacen que la experiencia de aprendizaje asistida por computadora sea una experiencia favorable para el alumno y para el investigador que desarrolló la aplicación.

La Lixiviación inducida, es una operación de transferencia de masa básica y debido a su importancia histórica ha sido llamada lixiviación, lavado, percolación, agotamiento, maceración, elusión y otros; es preciso definir, delimitar y analizar cada uno de los términos anteriores como módulos de la operación unitaria de la lixiviación, que es llamada en general extracción sólido-líquido; así como una descripción detallada de los parámetros que afectan directamente a esta operación unitaria. A lo largo del trabajo de graduación se ordenará el conocimiento de la Lixiviación basado en el hecho de que todas las operaciones unitarias están basadas en los fenómenos de transporte y la condición de ser natural o inducida; además.

Se fundamentará teóricamente la lixiviación inducida (extracción Sólido-Líquido) a nivel laboratorio mediante un diagrama de Espina de Pescado (conocido también como Diagrama Causa-Efecto) donde, el problema inicial es el estudio de la extracción sólido-líquido y como respuesta, la evaluación de la operación unitaria de Lixiviación a nivel laboratorio. Luego para finalizar el estudio mediante los diagramas causa-efecto, se muestran optimizaciones del estudio de la lixiviación inducida como operación unitaria de transferencia de Masa y la integración de dicha operación a la Ingeniería Química. La fundamentación teórica está basada en la teoría general de los sistemas tutoriales inteligentes y la aplicación computacional desarrollada en el ambiente de programación Microsoft Visual Basic 6.0 y ayudada mediante el soporte informático de Adobe Acrobat 7.0. Los diagramas Causa-Efecto fueron utilizados para mostrar la versatilidad y la buena comprensión en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Ingeniería Química.

La utilización de tutoriales en la escuela de Ingeniería Química, forma parte de la innovación en materia educativa que se está logrando a través de la adecuación de nuevas técnicas de enseñanza, por lo que diseñando y elaborando aplicaciones computacionales; se generan nuevos medios de aprendizaje y a través de experiencias favorables en el pasado; éstos se han convertido en recursos valiosos para la enseñanza, dando como resultado que el mismo estudiante modele y represente los fenómenos de transporte, operaciones unitarias y análisis químico estudiados a lo largo de la licenciatura en Ingeniería Química y así tenga una mejor perspectiva de las variables y sus efectos en el proceso estudiado.

1. MARCO TEÓRICO

La educación actual como se implementa en las instituciones está siendo sometida a un amplio cuestionamiento. Se critica el currículo, la forma de concebir el proceso enseñanza-aprendizaje, la pertinencia de la preparación que está recibiendo el estudiante en función de las exigencias actuales y futuras de la sociedad, el grado de dependencia que genera sobre el estudiante, la función formativa que cumple. Entre las deficiencias de las prácticas educativas detectadas pueden mencionarse:

- Metodologías de enseñanza–aprendizaje poco efectivas para lograr el aprendizaje activo y autónomo de los alumnos.
- Énfasis en la memorización de información.
- Poca atención al desarrollo y aplicación al pensamiento y a la creatividad.
- Educación centrada en la enseñanza, en la actuación del docente sin atender al proceso de aprendizaje del estudiante.
- Aplicación de sistemas administrativos y académicos que no correspondan a las necesidades imperantes

Ante hechos como los mencionados se plantean alternativas de solución dirigida a estudiar más a fondo la situación o a emprender cambios basados en las experiencias de los docentes o de los estudiosos del tema. Entre las alternativas de solución planteadas se sugiere:

- Reconceptualizar y reestructurar los objetivos y las prácticas de la educación.
- Estimular la reflexión acerca del tema y alentar a los investigadores y educadores para que estudien cuidadosamente la problemática detectada y sugieran alternativas de solución.
- Adoptar posiciones optimistas y asumir riesgos con creatividad y actitud científica, que permitan definir nuevos rumbos y canalizar esfuerzos factibles de llevarse a la práctica, acordes con las necesidades detectadas y sustentados por trabajos serios de investigación y desarrollo.

Estas alternativas sugieren tareas a los educadores y administradores, como agentes de cambio, dirigidas a mejorar una o más de las situaciones observadas. Se destaca entonces la importancia de atender a las necesidades reales de los receptores y de sensibilizar a las personas involucradas, en la definición de las políticas educativas, y en el diseño y en la ejecución de los cambios. Estos puntos son cruciales para el éxito de cualquier intento. La innovación se ha convertido en un tema de especial interés en los últimos años. Es un fenómeno en el cual estamos participando todos los que de una u otra forma estamos involucrados en la educación y su mundo.

En síntesis el cambio educativo involucra un proceso de renovación o de redefinición parcial o total de un fenómeno, sistema o situación que representa un fenómeno complejo, carente de límites precisos y abiertos a múltiples interpretaciones y perspectivas.

1.1 Tutoriales Computacionales en Ingeniería

La enseñanza asistida por ordenador (EAO) se refiere al *hardware* y *software* informático diseñado para auxiliar al profesor y al alumno en el proceso del aprendizaje. En cuanto tal, contienen varios tipos de sistemas adaptados a diferentes metodologías de la enseñanza.

En lo que concierne a la enseñanza, las aplicaciones se han desarrollado para ayudar al profesor a enseñar y al alumno a aprender. El término con el que se conocen esos sistemas es Enseñanza Asistida por Ordenador. A continuación se presenta una lista parcial de las diferentes aplicaciones de la EAO empleadas actualmente:

- *Drill and practice*: o ejercicios de repetición, esta herramienta es muy valiosa para el aprendizaje de recuperación. Las capacidades mentales implican habilidades más que conceptos y por eso ésta herramienta es un buen método de aprendizaje. En la medida en que uno conozca de verdad su área de conocimiento, la necesidad de memorización es menor. Un buen software de drill and practice permite un aprendizaje ameno mediante la interacción repetitiva y la retroalimentación inmediata de las respuestas que proporciona el usuario. El *software* controla esas respuestas: sí considera que el alumno domine la lección, le guía hacia adelante, pero si estima que aún no existe conocimiento suficiente, le lleva hacia atrás.

- Tutoriales: herramienta que permite que los alumnos aprendan nuevos contenidos, aunque a su propio ritmo y práctica. En éstos tutoriales mediante ordenador al usuario le aparece en la pantalla una serie de conocimientos, bien conceptuales o de habilidades, seguido de la posibilidad de validar su comprensión sobre el concepto o la adquisición de esa determinada habilidad. El software va siguiendo el avance realizado en base a los resultados de validación y conduce al usuario hacia nuevos contenidos o hacia los ya vistos desde otra perspectiva. Un buen tutorial expone el objetivo con claridad; también es ameno, fácil de aprender, no discriminante, sensible a las capacidades del usuario y la retroalimentación que proporciona es inmediata y adecuada. La interacción es fundamental para que el usuario se involucre y persevere en los conocimientos a aprender.
- Simulaciones: en las que los alumnos experimentan con la vida “real” gracias a la realidad virtual de los mundos programados. Las simulaciones son una muy buena manera para aprender, introducen al estudiante en una experiencia indirecta de acontecimientos o procesos ya que es una especie de ensayo sobre la realidad. Gracias a la simulación los estudiantes aprenden cuáles son los pasos necesarios en el proceso, pero se pierde el aprendizaje de los aspectos claves del ejercicio
- Laboratorios de Microordenadores, en donde los estudiantes realizan experimentos en tiempo real con ayuda del ordenas, herramienta fundamental para recabar y visualizar datos.
- Aprendizaje cooperativo, en donde los alumnos utilizan el ordenador para coordinar sus esfuerzos de equipo con algún fin educativo.

- Enseñanza a distancia, donde las redes de ordenadores conectadas mediante la comunicación telefónica permite que los alumnos asistan a clase desde lugares distantes, cercanos o incluso desde otra parte del mundo.
- Aplicaciones multimedia, donde los profesores y alumnos utilizan videos, sonidos, gráficos y textos interactivos, combinados con una enorme variedad de modalidades para producir entornos de aprendizaje que son muy enriquecedores en simulación intelectual.

1.1.1 Evolución de tutoriales educativos

Se considera medio de enseñanza a todos los componentes del proceso docente que actúan como soporte material de los métodos (instructivos o educativos), con el propósito de lograr los objetivos planteados. A principio de los años 60 las computadoras habían comenzado a extenderse por las universidades, sobre todo en Estados Unidos, y su uso empezó a ser parte integrante de la formación de los estudiantes universitarios en algunas carreras. Pronto se empezó a tratar de utilizar experimentalmente esas mismas computadoras en otros niveles de enseñanza. En los años 50 aparecieron los primeros sistemas de enseñanza, los llamados programas lineales, en los que ningún factor podía cambiar el orden de enseñanza establecido en su momento por el programador. Estos sistemas desconocían la posibilidad de que el alumno no hubiera entendido correctamente los conceptos expuestos hasta el momento.

Esta delimitación tiene su origen en la teoría conductiva defendida en su momento por BF Skinner (1950), que defendía que las personas funcionaban por estímulos en dependencia de cuales fueran estos, se obtendrían unas respuestas concretas. Los programas lineales no ofrecían una enseñanza individual, es decir, todo alumno recibía el mismo conocimiento y exactamente en la misma secuencia. En el desarrollo de una sesión de enseñanza no se tenía en cuenta la aptitud del alumno; si le era más rápido entender las cosas, si aprendía mejor con ejemplos que con explicaciones.

Los sistemas lineales están compuesto por:

- salida del programa
- entrada del alumno
- reacción del programa.

La mayor contribución de la programación lineal consiste en subrayar la importancia de la retroalimentación. La individualización que se aplica al alumno consiste en que trabaja con el material al ritmo que considera más apropiado. Los sucesores de los programas lineales fueron los programas ramificados, con un número fijo de temas, igual que los programas lineales, pero con capacidad para actuar según la respuesta del alumno. Por tanto, los programas ramificados pueden ajustar el temario a las necesidades del usuario, repitiendo textos de explicación, volviendo hacer ejercicios, etcétera. De alguna forma el sistema de enseñanza tiene estructurado su conocimiento como un organigrama, en función de la respuesta del alumno.

A finales de los años 60 y principios de los 70 (1967-1971) surgieron los sistemas generativos, asociados a una nueva filosofía educativa que manifiesta: "los alumnos aprenden mejor enfrentándose a los problemas de dificultad adecuada, que atendiendo a explicaciones sistemáticas"; es decir, adaptando la enseñanza a sus necesidades. Estos sistemas surgieron al reconocerse el hecho de que el material de enseñanza podría ser generado por la misma computadora; ellos son capaces de generar problemas, construir sus soluciones y diagnosticar las respuestas del alumno, controlando, a su vez, el nivel de dificultad de los problemas. En los sistemas generativos, el sistema determina el grado de dificultad del problema que se presente; para ello tiene en cuenta cuál es el concepto que se debe tratar y con qué nivel de detalle lo quiere verificar, en dependencia de la profundidad de explicación, a continuación genera el problema correspondiente y lo presenta al alumno. Cuando se recibe la respuesta del alumno, el sistema la compara con su solución; las diferencias entre ambas se considerarán errores.

Los sistemas de enseñanza vistos hasta el momento (programas lineales, programas ramificados, sistemas generativos) se conocen con el nombre de CAIS (*computer assisted instruction* -enseñanza asistida por computadora). Las principales deficiencias de los CAIS son:

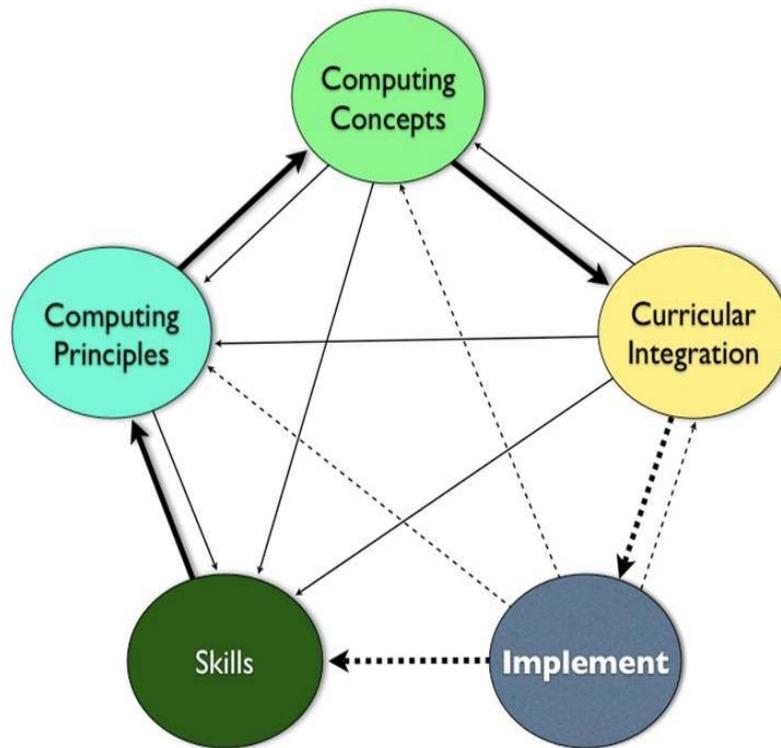
- Pretenden abarcar cursos completos en lugar de limitarse a temas concretos.
- Existen barreras de comunicación entre el tutor y el alumno que restringen la interacción entre ellos.
- No tienen conocimientos de cómo y porqué se ejecutan las tareas. De igual modo, la reacción del programa viene determinada por la respuesta del alumno y una serie de situaciones previstas a posibles respuestas, independientemente de las características del alumno.

- Su construcción ha estado muy dirigida a sistemas específicos, lo que impide transportarlos a otros dominios.
- Tienden a ser estáticos en lugar de evolucionar y ser dinámicos.
- Una vez construidos, el conocimiento que incluye no se ve modificado con el tiempo.

En un principio a los STI (sistemas tutoriales inteligente) se les llamó ICAI (enseñanza inteligente asistida por ordenador), nombre que aún se utiliza. Sin embargo, algunos investigadores no les gustaba que estos sistemas se diferenciasen de los CAI, sólo por una letra y surgió el nombre de STI.

Pero la mayor parte de los expertos en esta área están de acuerdo con la denominación de STI, aunque acepten que el uso de la palabra inteligente es, estrictamente hablando, una equivocación. La siguiente figura muestra como debe ser el proceso de enseñanza-aprendizaje a través del software educativo, donde el primer paso constituye las herramientas de diseño, luego mediante una retroalimentación pasan a los principios y conceptos computacionales, luego se integran al currículo y finalmente se implementa, la figura no pretende ser un ciclo, sino más bien una estabilidad dinámica de información que constituyen las bases del proceso de enseñanza en software educativo.

Figura 1. Relaciones del proceso de Enseñanza-Aprendizaje en *software* educativo.



Fuente:<http://cpace.egr.msu.edu/>

Un tutor inteligente es un programa mediante el cual se pretende enseñar algunos conocimientos a una persona, teniendo en cuenta su capacidad de aprendizaje y el conocimiento que tiene en todo momento sobre esa materia; dicho programa también debe ser flexible y abierto a las posibles sugerencias del alumno, de igual modo debe ser capaz de responder a sus preguntas; en una palabra, un buen STI debe actuar según lo haría un buen profesor. La definición de los términos sistema, tutorial e inteligente se dan a continuación.

Sistema

Conjunto de elementos que median un efectivo proceso de enseñanza/aprendizaje mediante una interfaz que mejora la comunicación Docente/Estudiante.

Tutorial

Recurso mediante el cual se pretende enseñar algunos conocimientos a una persona, teniendo en cuenta su capacidad de aprendizaje y el conocimiento que tiene en todo momento sobre esa materia.

Inteligente

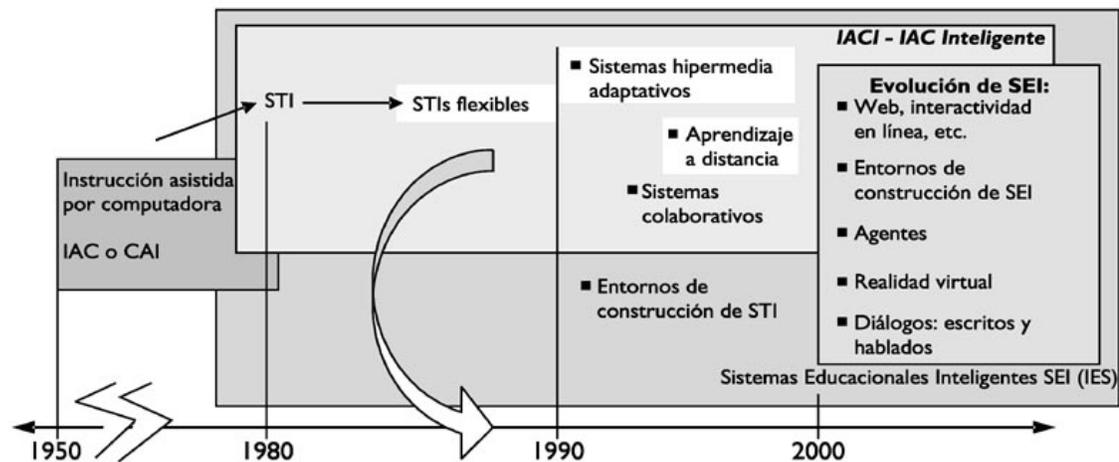
Se refiere a la habilidad del sistema sobre que enseñar, cuando enseñar y como enseñar imitando la actividad de un profesor real

El diseño de los distintos STI es muy variado, de hecho es muy raro encontrar dos con la misma arquitectura. Sin embargo tienen cuatro componentes básicos: (el módulo sobre el dominio que se enseña, el módulo del estudiante, el módulo pedagógico y el módulo interfaz con el estudiante. La adaptación de un sistema tutor está determinada por la precisión de la información contenida en el módulo del estudiante, que debe representar de forma adecuada las características propias de cada estudiante (capacidad y conducta). Además, hay que tener en cuenta que el proceso de aprendizaje del estudiante se realiza paso a paso, por tanto se precisará de una creación incremental y actualización continua del modelo del estudiante.

Para diseñar el modelo del estudiante se debe pensar en términos de qué características e información debe contener. Se tendrá que observar el comportamiento del estudiante e interpretar sus acciones según se van produciendo; todo ello permitirá al sistema actualizar su conocimiento sobre el alumno (conocimientos adquiridos, capacidad de aprendizaje, etcétera).

La siguiente figura muestra la evolución del Software Educativo, que muestra a los sistemas tutoriales inteligentes hasta el año 1999, donde ya se habla de sistemas educacionales inteligentes.

Figura 2. Evolución de Software Educativo



Fuente: ²

Figura 2. Desarrollo de sistemas de información

Fuente: <http://www.scielo.org.pe/>

1.2 La Creatividad y su desarrollo a través de la innovación educativa

La creatividad en la educación puede ser:

- **Creatividad objetiva**
 - Libre ideación: con la lluvia de ideas, agotar todas las características y sugerencias de la mente sobre el tema.
 - Interrogación problematizadora: formular preguntas divergentes y plantear problemas sobre el asunto o tema.
 - Lanzamiento de hipótesis e investigación para descubrir algún aspecto de la realidad.

- **Creatividad imaginativa**
 - Visualización: representar en imágenes mentales los sucesos y objetos.
 - Analogización: buscar similitudes y analogías.

- **Creatividad aplicada**
 - Innovación: cambiar sucesivamente diversos aspectos de la realidad material o social.
 - Invención: crear algo nuevo, original, nunca visto.
 - Combinatoria: reorganizar algo de forma diferente.

- **Creatividad procedimental**
 - Experimentación: ensayar nuevos métodos, instrumentos de indagación, acción, comunicación, etc.

- **Creatividad expresiva: lenguaje total**
 - o Expresión plástica: representar las cosas con trazos, collages, modelado, construcción, etc.

En el proceso de aprendizaje metodológico creativo, los investigadores pueden seguir cualquiera de estos tres caminos:

- Actividades creativas simples
- Activadores y procedimientos
- Métodos creativos, que implican un nivel máximo de complejidad didáctica y de generalización temática por lo que el profesor se concentra en el manejo paulatino de un solo método. Uso de analogías, lluvia de ideas, incubación, mapa conceptual, etc.

La creatividad como proceso creativo posee las siguientes etapas:

- **Encuentro con el problema:** en esta fase el sujeto usando su pensamiento crítico y su sensibilidad a los problemas se hace consciente de la necesidad de crear, de solucionar un problema o de exteriorizar unas ideas que le estén preocupando.
- **Generación de las Ideas:** En esta fase el sujeto juega con sus ideas, dejando al mando a la inspiración y avanzando hacia el encuentro de las posibles soluciones al problema, para consumar el proceso que puede ser con carácter conceptual o con carácter de emoción.
- **Elaboración de la idea:** en esta fase se materializa el proyecto o creación, entran a jugar el pensamiento lógico, el intelecto y el juicio. Durante esta fase se seleccionan las ideas, se les da forma, se diseñan claramente sus modelos desarrollando así la idea hasta sus últimas consecuencias.

- **Transferencia Creativa.** Esta es la última fase del proceso creador e implica relacionar la idea nueva con otros campos de estudio, además de darla a conocer para que ésta entre en el libre juego de la producción de otras ideas.

Las condiciones que favorecen la creatividad en la educación son:

- Independencia, Autosuficiencia y confianza profesional
- Tolerancia a la ambigüedad
- Enfoque de pensamiento relacional con multiplicidad de intereses
- Equilibrio entre subjetividad y objetividad
- Tendencia a explorar y capacidad para centra atención en los problemas
- Persistencia ante el fracaso, dificultades y capacidad para tomar riesgos.

1.3 Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI)

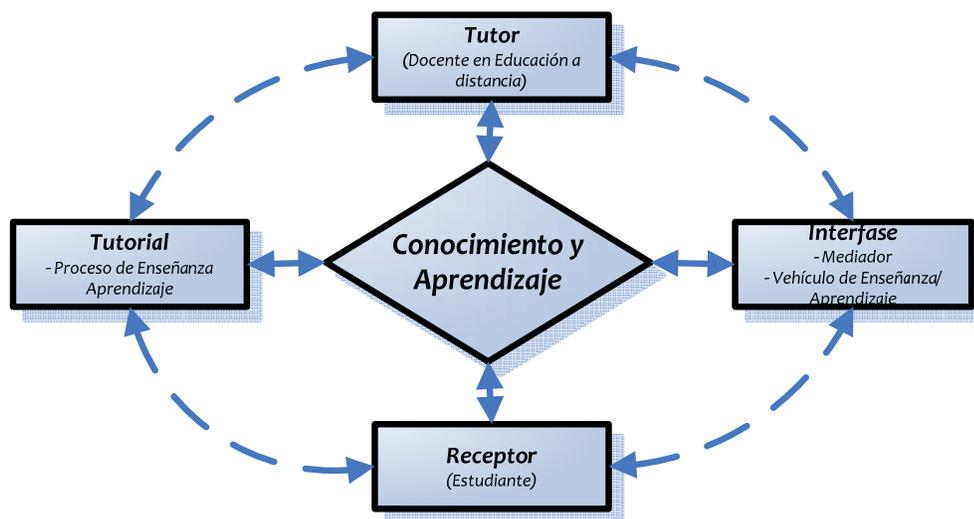
Los sistemas Tutoriales inteligentes (STI) son herramientas cognitivas, el término inteligente se refiere a la habilidad del sistema sobre que enseñar, cuando enseñar y como enseñar imitando la actividad de un profesor real. Para lograrlo un STI debe identificar las fortalezas y debilidades de un estudiante particular a fin de establecer un plan que será consistente con los resultados obtenidos. Se debe de encontrar la información relevante sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes y aplicar el mejor medio de instrucción según sus necesidades individuales. Es importante recalcar que aquellos investigadores que mejor entiendan las diferencias, tendrán una mejor oportunidad de conocer las diversas necesidades de aprendizaje de todos sus estudiantes.

Hay dos tipos de STI, éstos son:

- **Abstracción del ambiente de aprendizaje:** enfocados en la simulación de los ambientes de trabajo para reducir el riesgo de fallas en el aprendizaje o la enseñanza.
- **Énfasis en Instrucción:** La base de este tipo de STI, es la taxonomía de Bloom (ambientes cognoscitivos, afectivos y motivacionales). Éstos son desarrollados usados para aprender una tarea determinada.

En la implementación de los STI existen barreras que son los riesgos de implementación de STI (Falta de apoyo o interés), el Fracaso del STI (Mal tecnología o utilización), el reemplazo de factor humano y que la tecnología no conocida (No saber utilizar la aplicación). Para que el comportamiento de un STI sea realmente efectivo, éste debe poseer componentes que permitan modelar el conocimiento a enseñar, lo anterior se define en cuatro módulos principales que interactúan según se ve en la siguiente figura.

Figura 3. Relaciones básicas de Componentes en un STI



1.3.1 Módulo Experto

Un sistema tutorial es creado para enseñar un tema en particular, por lo tanto debe tener suficiente conocimiento del tema y sobre la forma de enseñarlo. Este conocimiento debe estar estructurado de tal manera que el sistema construido pueda ser flexible. Los factores que hay que tener en cuenta son: cómo organizar los tópicos, como relacionarlos con el avance del aprendizaje del alumno y la relación con el material de enseñanza. La metodología mediante mapas conceptuales o diagramas causa-efecto ha sido utilizada con éxito para el diseño del conocimiento.

Se han establecido tres tipos de bases: hecho, concepto y procedimiento. El material de enseñanza se clasifica por el tipo de la instrucción que brinda (explicación, ejercicios, ayuda) y por las características propias (importancia, dificultad). Dicho material es presentado al estudiante considerando su perfil y representados en el modelo del estudiante.

La metodología propuesta para modelar el dominio del conocimiento cuando el mismo está referido a un mecanismo, consiste en los siguientes pasos:

- Identificar los componentes del mecanismo
- Identificar las relaciones entre los componentes del modelo
- Especificar las reglas de operación del modelo
- Evaluar el Modelo

1.3.2 Módulo Estudiante

El modelo del estudiante es una descripción declarativa de las características de las actividades de aprendizaje de los estudiantes. El comportamiento del STI depende fundamentalmente del modelo del estudiante, sin embargo éste sólo puede representar una serie de actividades de alguna decisión del estudiante en determinado momento. El diseño del modelo del estudiante se debe centrar alrededor de las preguntas ¿Qué es lo que se desea que el estudiante sepa?, ¿Qué tipos de conocimientos debe tener un estudiante para poder resolver un problema?

De manera que se debe tomar en cuenta para su realización:

- Los componentes del mecanismo
- La operación de los componentes del mecanismo
- La interrelación entre los componentes del mecanismo
- La operación del mecanismo

Dado el contexto del problema, la selección de un componente es de algún modo una confirmación o no, de que el estudiante comprende lo que el componente hace y como se relaciona con otros módulos en la operación del mecanismo. Se resume lo anterior en los pasos:

- Identificar el conocimiento que el estudiante posee al respecto de los componentes que integran el mecanismo
- Identificar el nivel de comprensión que el estudiante posee respecto de la funcionalidad del mecanismo y como los componentes contribuyen a lograrlo.

1.3.3 Módulo Pedagógico

Estos módulos relaciona el tema a enseñar en términos de capacidades a adquirir por el estudiante, objetivos instruccionales, métodos didácticos y recursos pedagógicos. Específicamente este módulo es una organización compuesta de nodos que representan capacidades y objetivos que contribuyen al cumplimiento de lo planteado.

La interfaz es una representación de los métodos que se usarán en el tutor inteligente para proveer información al estudiante. Este modelo es complejo pues está pensado para dirigir al estudiante en su proceso de aprendizaje y efectuar ajustes en esta dirección a medida que el estudiante progresa.

Los pasos metodológicos propuestos para el diseño de estos modelos son:

- Analizar el modelo del estudiante a efectos de definir claramente cuáles son las acciones que éste puede llevar a cabo
- Interpretar las acciones del paso anterior en función de cómo se está representando la información
- Determinar estrategias futuras de tecnología didáctica basadas en las acciones encontradas anteriormente.

1.3.4 Módulo Interfaz

Este modelo ha sido agregado recientemente a los STI, y los módulos pedagógicos y la interfase se han juntado, debido a que la relación que soportan los anteriores módulos hace implícita su existencia.

La actividad del tutor involucra tanto conocimiento sobre el tema del dominio como sobre la pedagogía propia de esa área de conocimiento, a partir de la observación de la actividad de los tutores puede deducirse que la funcionalidad aportada por este modelo comprende los siguientes aspectos:

- Mejoramiento en la adaptación y realismo de las estrategias tutoriales
- Provisión de ayuda inteligente individualizada para el autor/instructor
- Refinamiento en el diseño de los STI y mejoramiento en la coordinación y cooperación entre varios instructores durante la creación del mismo STI
- Mejora continua de los procesos de enseñanza e Innovación y Desarrollo

Un tutor puede comenzar proponiendo un curso inicial, las estructuras básicas de los modelos de dominio y el material asociado. Además puede mejorar el diseño del STI. El modelo de tutor examina la actividad de cada instructor así como la de los estudiantes a fin de verificar la efectividad de las estrategias tutoriales del los planes. A continuación se muestra un gráfico dedicado a la calidad de los Sistemas Tutoriales Computaciones.

Figura 4. Calidad educativa en los sistemas tutores

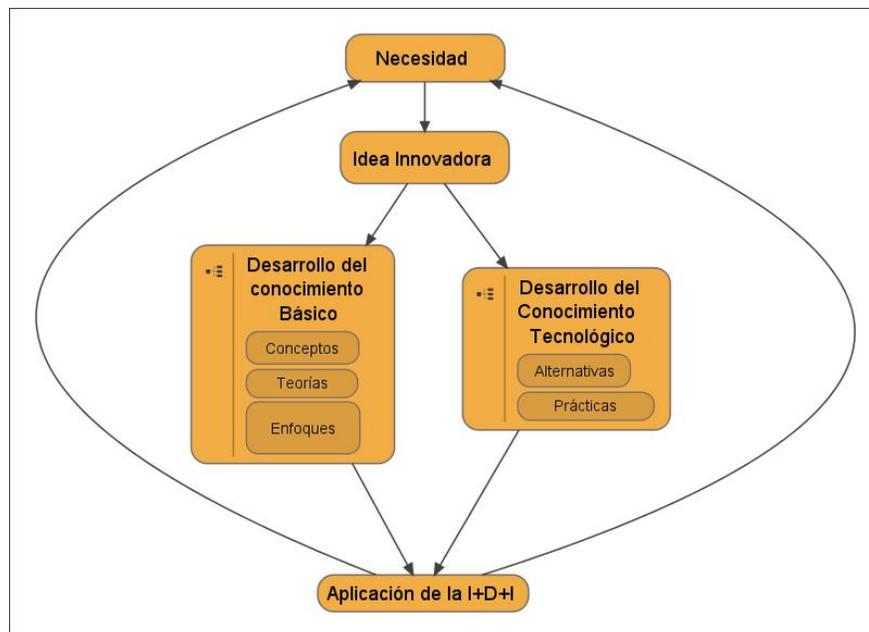
<p>Calidad Educativa – Aspectos Generales</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El programa es útil para un escenario educativo 2. La enseñanza está integrada con la experiencia previa de los alumnos 3. El programa explica más rápidamente la materia de estudio tanto al alumno como al profesor.
<p>Calidad Educativa – Aspectos Contenido</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El contenido es el adecuado para la población de Alumnos a la que se dirige 2. El contenido es preciso 3. El contenido es actual 4. La extensión del contenido es sensata 5. La información y las habilidades adquiridas se aplican a otras áreas de conocimiento y experiencia 6. El contenido no tiene errores de gramática, ortografía, puntuación ni otros 7. El contenido es consistente con el currículo escolar y es pertinente para el campo temático 8. Se proporcionan definiciones cuando son necesarias 9. Hay una continuidad entre la información ofrecida y los prerrequisitos de habilidades necesarias
<p>Calidad Educativa – Aspectos de adecuación</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La aplicación es adecuada para su uso informático 2. El enfoque pedagógico es superior a cualquier otro disponible 3. El nivel de comprensión y el tono son adecuados para la población estudiantil 4. Las habilidades prerrequeridas son adecuadas para la población estudiantil a la que se dirige. 5. Contiene múltiples niveles de enseñanza disponibles 6. Se ofrece la suficiente información para que tenga lugar el aprendizaje que se pretende.
<p>Calidad Educativa – Aspectos Motivacionales / Creativos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El formato es variado y su interacción en conjunto resulta de ayuda. 2. El alumno es un participante activo del proceso de aprendizaje. 3. El alumno disfruta el uso del programa y conserva una actitud positiva ante él. 4. El programa fomenta la cooperación entre alumnos 5. El programa desafía y estimula la creatividad 6. La pedagogía es innovadora 7. El programa permite al alumno tomar decisiones 8. El programa demuestra una manera creativa de usar el conocimiento 9. El programa desafía a que el alumno modifique un modelo previo o diseñe un modelo alternativo
<p>Calidad Educativa – Aspectos de Control</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El educando puede modificar la secuencia y el ritmo del programa y examinar las instrucciones y los marcos previos 2. El educando puede finalizar la actividad en cualquier momento y volver al menú principal 3. El educando puede ingresar al programa en diferentes momentos 4. Ofrece ayuda en cualquier momento 5. Se procura que el conocimiento pueda generalizarse 6. La retroalimentación es positiva, oportuna, informativa y correctiva 7. El modelo de EAO es válido (ni demasiado complejo ni muy simple) 8. Las variables utilizadas son las más adecuadas 9. El programa simula actividades que pueden ser demasiado difíciles, peligrosas o caras 10. La simulación estimula la toma de decisiones y el cálculo más que la adivinanza y el empirismo 11. Se pueden cambiar o añadir parámetros con facilidad 12. Las explicaciones son claras 13. La presentación de cada contenido es lógica 14. La secuencia del menú es lógica 15. La comunicación entre el usuario, el ordenador y el profesor es consistente y lógica 16. Existirán diferentes versiones, licencias, etc.

Fuente: Bernard Poole, “Tecnología Educativa: educar para la sociocultura de la comunicación y el conocimiento”, Páginas: 134-139

1.4 Nuevas tendencias de Tutoriales Computacionales

La innovación es un intento dirigido a mejorar o modificar determinados aspectos del proceso educativo, por lo que es una intervención más centrada en la práctica educativa que en el sistema educativo como un todo en el cual se desarrolla y está inserta dicha práctica.

Figura 5. Esquema dinámico del proceso de innovación.



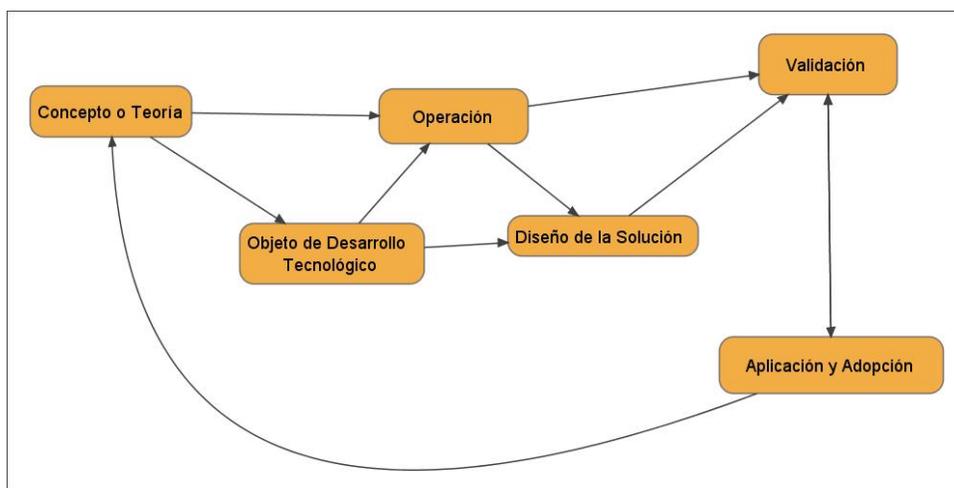
Fuente: Margarita Amestoy de Sánchez, “**Innovación, Creatividad e Inventiva: Tres procesos que se apoyan y complementan**”

La innovación educativa surge como consecuencia de necesidades detectadas en los sistemas o en las personas involucradas en la tarea educativa.

Puede decirse que la necesidad impulsa o motiva los cambios que dan lugar al proceso innovador. Un cambio, para que dé lugar a una innovación tiene que estar basado en una idea que sea nueva para el ámbito en el cual se ha de aplicar. Dichos pasos comprenden el diseño, el desarrollo, la ejecución y la evaluación de la alternativa que se plantea; el diseño incluye las definiciones conceptuales, funcionales, operacionales y estructurales de la idea u objeto, el desarrollo comprende la instrumentación y construcción del sistema conceptual o práctico, la ejecución involucra la validación de la idea o dispositivo que se propone para verificar si de hecho cumple con el propósito para el cual fue diseñado.

Una vez que se logra el desarrollo y la validación de la innovación se promueve un nuevo proceso para su aplicación. Este proceso involucra actividades que comprenden la difusión, la aceptación y la adopción de la idea. En la Figura 6 se ilustran las etapas del proceso.

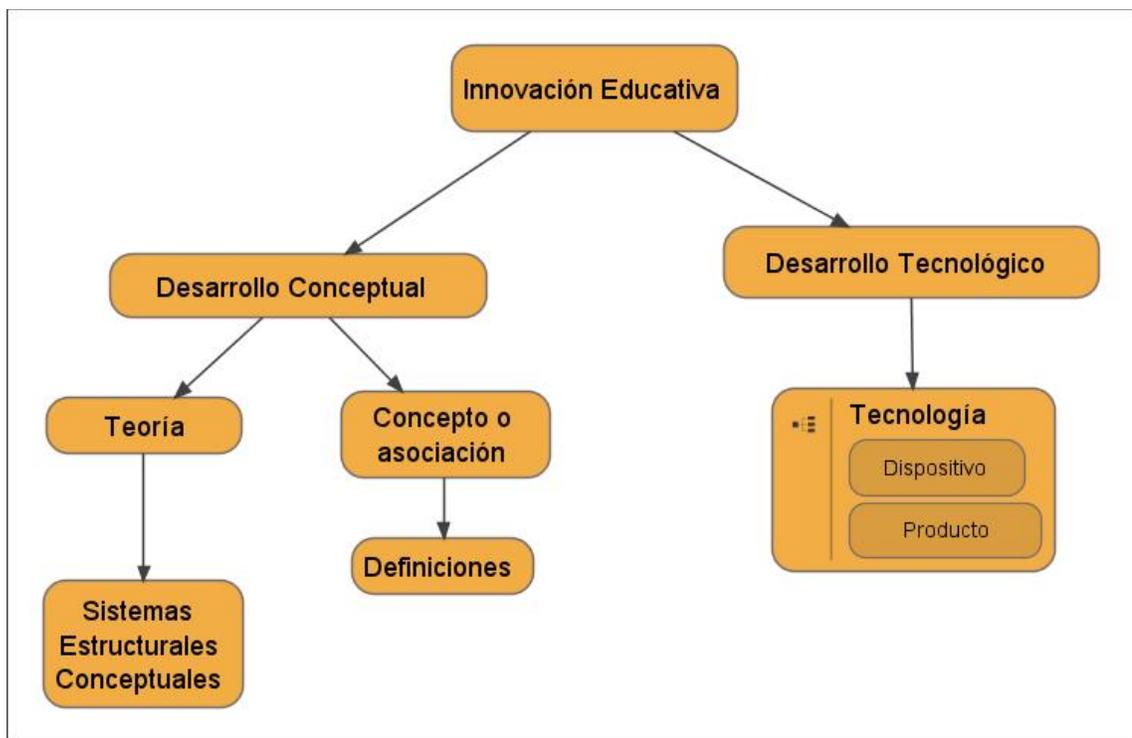
Figura 6. Dinámica de procesos innovadores.



Fuente: Margarita Amestoy de Sánchez, “Innovación, Creatividad e Inventiva: Tres procesos que se apoyan y complementan”

Las innovaciones de acuerdo a su naturaleza, pueden ser objetos materiales o desarrollos tecnológicos y conceptos o teorías o desarrollos conceptuales. Todo desarrollo tecnológico, por supuesto, está sustentado por una idea. La Figura 7 muestra un esquema que descubre los ámbitos de una innovación, el desarrollo conceptual puede referirse a un simple concepto, a una asociación de conceptos o a una teoría. Tanto las teorías como las asociaciones de conceptos constituyen sistemas o estructuras conceptuales. El desarrollo tecnológico, en cambio, da lugar a un objeto físico, sistema, procedimiento o dispositivo, el cual es o puede ser objeto de algún tipo de aplicación práctica.

Figura 7. Ámbito de desarrollo de una innovación educativa.



Fuente: Margarita Amestoy de Sánchez, “Innovación, Creatividad e Inventiva: Tres procesos que se apoyan y complementan”

Finalmente, las innovaciones para su estudio también pueden agruparse en categorías. Cada categoría se describe, con base en sus características, como sigue:

- **Modelo tecnológico conductual:** enfatiza el análisis medios – fines y el uso de las mejores técnicas para lograr los propósitos deseados. Utiliza las conductas observables medibles y cuantificables científicamente. Este modelo examina conductas externas y busca regularidades y uniformidades en vez de buscar factores únicos de las personas.
- **Educación basada en experiencia:** emplea el método inductivo en el cual se parte de lo particular y se progresa hasta llegar a las generalizaciones. Para lograr el propósito, se propone el uso de los sentidos, la confrontación con la realidad, los ambientes naturales y la actividad reflexiva.
- **Diferencias individuales y modelo compensatorio:** son innovaciones basadas en el supuesto de que ciertos grupos han sido ignorados o han tenido educación inadecuada. Se destaca la necesidad de ofrecerles oportunidades en un ambiente más integrado. Ejemplos, la educación bilingüe y la educación especial.
- **Desarrollo cognoscitivo moral y clarificación de valores:** las innovaciones correspondientes a esta categoría se apoyan en un enfoque racional de desarrollo y mejoramiento basado en una jerarquía moral, diferente de la religiosa. En cuanto a la clarificación de valores, se utilizan enfoques que ayudan a escoger sus valores, a reconocerlos y a actuar de acuerdo de ellos.

La investigación educativa tiene cabida en las diferentes etapas del proceso de innovación, en cada caso con un propósito y un método diferente. En la etapa de definición del problema se practica la investigación diagnóstica, bien sea formal o informal; para identificar necesidades y oportunidades de cambio; en la etapa de diseño y desarrollo se realiza investigación cualitativa y evaluación formativa, para optimizar la calidad de la innovación y verificar sus méritos; en la etapa de ejecución, se realizan estudios pilotos, experimentales, para verificar el efecto de las innovaciones en ambientes reales de clase o de trabajo, para realizar ajustes menores, y en casos extremos, para desechar el ensayo.

En cuanto a los modelos o formas de usar las computadoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje, coexisten diferentes tendencias:

Taylor en el año 1980 centra su atención en la computadora y en la manera de utilizarla. Aquí se proponen tres ramas:

- La computadora tutor.
- La computadora como herramienta.
- La computadora programable.

Por otra parte, la Universidad libre de Bruselas, en su postgrado de Informática aplicada a las ciencias de la Educación, divide esta en tres opciones:

- Aplicaciones pedagógicas de la computadora.
- Utilización de la computadora en la investigación.
- Gestión informatizada de establecimientos escolares.

Otros autores la clasifican desde el punto de vista del aprendizaje determinando cuatro posibilidades o campos de aplicación:

- Aprendizaje acerca de la computadora.
- Aprendizaje a través de la computadora.
- Aprendizaje con la computadora.
- Aprendizaje acerca del desarrollo del pensamiento con la computadora.

El Dr. Chirstian Depover, profesor de la Universidad de Mons en Bélgica, al clasificarla distingue siete posibilidades de uso de la computadora en la gestión educacional.

- Gestión administrativa de establecimientos de educación.
- Gestión pedagógica.
- Herramienta de enseñanza (enseñanza asistida por computadora).
 - o Los programas ejercitadores.
 - o Los simuladores.
 - o Los programas tutoriales.
- Utilización pedagógica de paquetes básicos.
- Catalizador del aprendizaje.
- Auxiliar pedagógico.

2. MÓDULO PEDAGÓGICO PARA EL ESTUDIO COMPRESIVO DE LA LIXIVIACIÓN

2.1 Definición

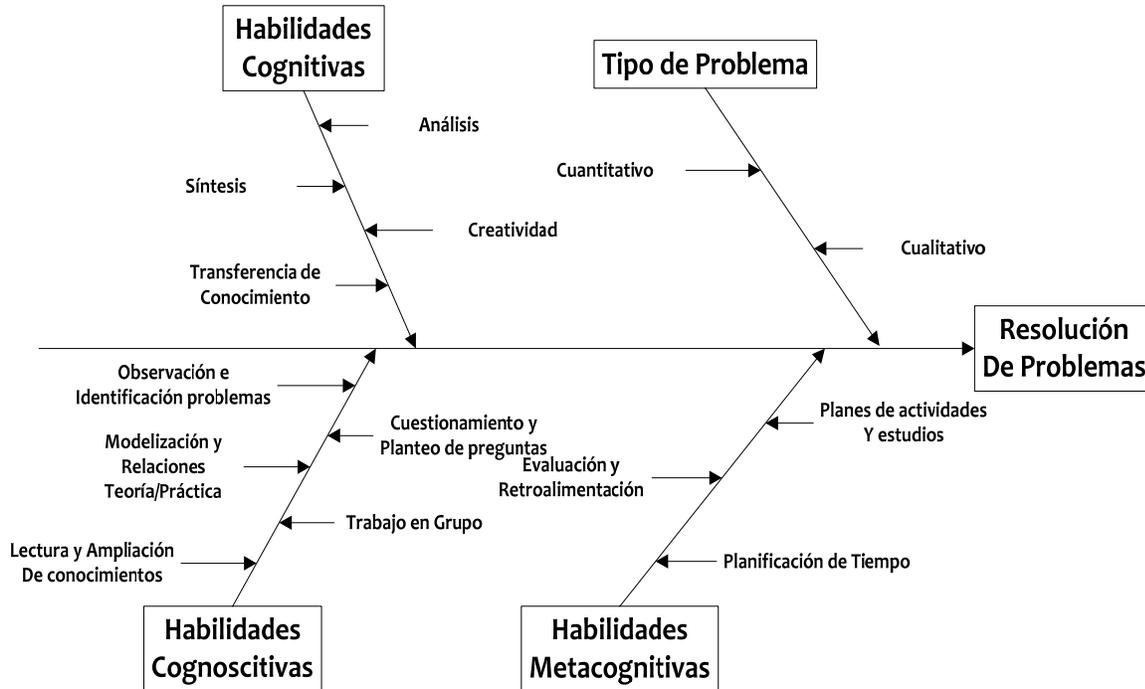
El módulo pedagógico en el sistema tutorial inteligente de la lixiviación, está basado en los aspectos más relevantes de la andragogía aplicada al software educativo específicamente a los STI.

2.2 Elementos Pedagógicos en STI de Lixiviación

La fundamentación de la didáctica en la tecnología está basada en los componentes afectivos, cognoscitivo y motivacionales. A continuación en las siguientes figuras se muestran diagramas Causa-Efecto donde se observan los factores que afectan en el proceso de aprendizaje en el estudiante aplicado a la resolución de problemas en ingeniería química.

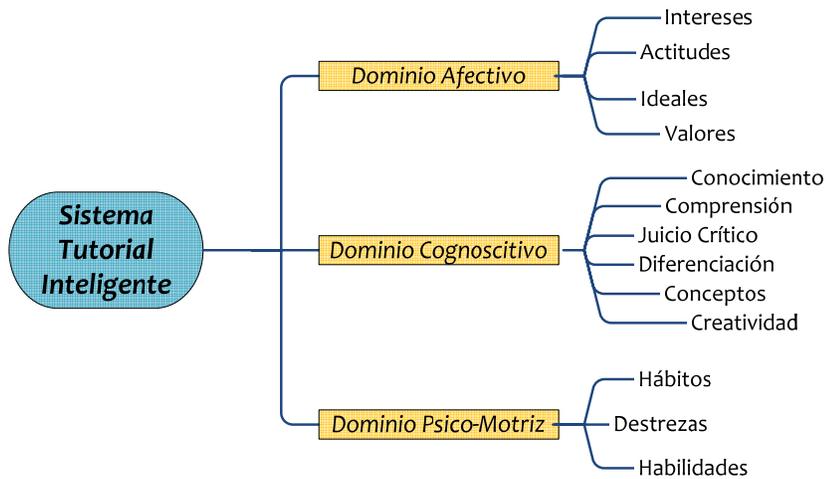
En la figura 8 y 9 se muestra claramente los factores que se tienen que tomar en cuenta cuando se diseña un currículo dinámico para que el estudiante desarrolle el proceso enseñanza-aprendizaje efectivamente.

Figura 8. Pedagogía del estudiante en la Resolución de Problemas



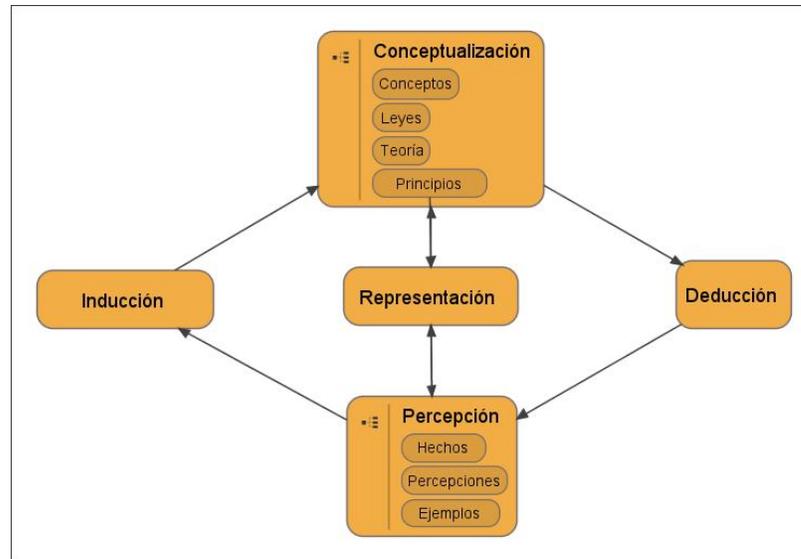
Fuente: Adaptado de, Carmen María Galo de Lara, “Tecnología Didáctica, Objetivos y Planeamiento”

Figura 9. Pedagogía en los Sistemas Tutoriales Inteligentes



Fuente: Adaptado de, Carmen María Galo de Lara, “Tecnología Didáctica, Objetivos y Planeamiento”

Figura 10. Proceso Científico de Aprendizaje



Fuente: Rafael Pérez, “Visualización: Etapa fundamental para el aprendizaje de la física”

El proceso científico del aprendizaje envuelve muchas veces la dinámica utilizada de los STI, por lo tanto; la computadora se convierte en una poderosa y versátil herramienta que transforma a los alumnos, de receptores pasivos de la información en participantes activos, en un enriquecedor proceso de aprendizaje en el que desempeña un papel primordial la facilidad de relacionar sucesivamente distintos tipos de información, personalizando la educación, al permitir a cada alumno avanzar según su propia capacidad. Los puntos esenciales de la reforma educativa pasan entonces por la capacitación de los docentes y el desarrollo de nuevos materiales de aprendizaje, utilizando en lo posible tecnología informática interactiva. Es necesario reconocer que no hay una sola filosofía que abarque toda la temática, pero ciertamente si disponemos de variados materiales podremos realizar evaluaciones conjuntas de los productos y analizar otras técnicas de aprendizaje.

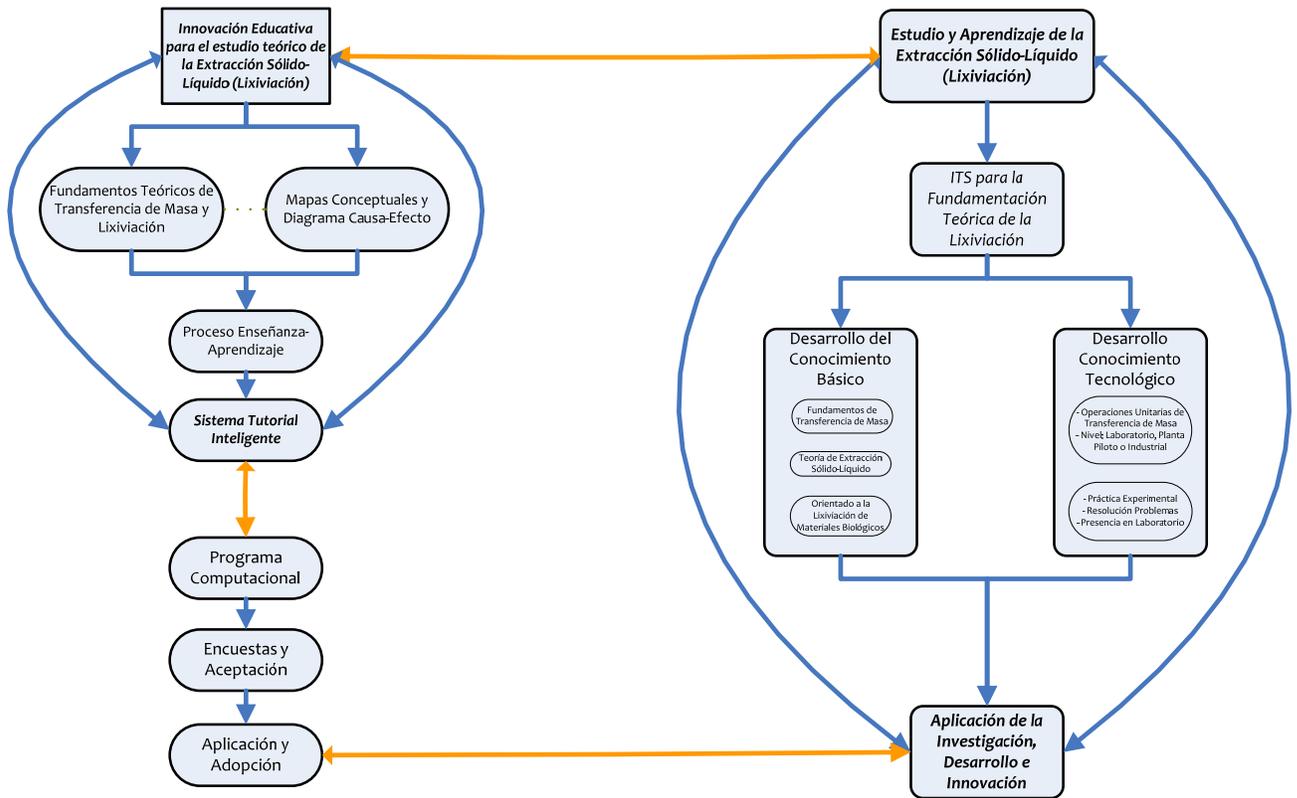
2.3 Aplicaciones para STI de Lixiviación

A través de sistemas computacionales e innovación educativa la figura 11 muestra como el sistema tutorial inteligente del programa de lixiviación es en sí un proceso dinámico y se desarrolla una innovación educativa del tipo desarrollo conceptual. La innovación educativa que tiende a ser la elaboración de un sistema tutorial inteligente se puede ver reflejado en la figura anterior.

La necesidad que se tiene es el estudio de la extracción sólido-líquido (lixiviación inducida), la idea innovadora es la aplicación de un sistema tutorial inteligente para el aprendizaje de la fundamentación teórica de la lixiviación, el desarrollo del conocimiento se da a través de leyes, fundamentos de transferencia de masa, coeficientes convectivos y la aplicación de los fenómenos de transporte.

Con base a la dinámica de los procesos innovadores educativos, se parte de la fundamentación teórica de la extracción sólido-líquido, la operación de aprendizaje es referida a través del diagrama Causa-efecto (*Ishikawa*) y los mapas conceptuales; el objeto de desarrollo tecnológico y la solución están relacionados por medio de la conceptualización de los sistemas tutoriales inteligentes aplicándolos a un programa computacional que permita la interacción del estudiante de ingeniería química a través de módulos de aprendizaje y así generar bases consistentes de la teoría de transferencia de masa empleada en la lixiviación de materiales biológicos.

Figura 11. Dinámica e Innovación Educativa en STI de Extracción Sólido-Líquido (Lixiviación)



Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

2.4 Análisis de Ingeniería Química aplicado para STI de Lixiviación

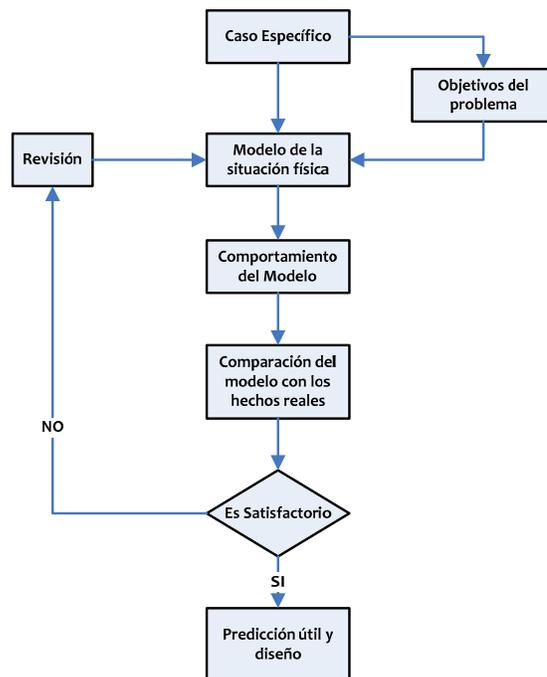
La solución adecuada a los problemas de ingeniería química requiere que se describa cuantitativamente o se modele el comportamiento de los elementos de un proceso. Esto se hace aplicando los principios de química, física y matemática para obtener las ecuaciones.

Estas ecuaciones pueden entonces utilizarse para predecir lo que resulta en determinadas circunstancias. De esta manera se sabe el efecto que tendrá sobre el producto final. Los objetivos específicos del análisis son:

- Descripción de casos específicos
- Predicción y Comparación con el comportamiento verdadero
- Evaluación de las limitaciones del modelo
- Predicción y Diseño

El objetivo del análisis en ingeniería química es considerar detalladamente cada etapa del proceso y entender totalmente las interacciones entre los diferentes pasos para lograr la máxima efectividad. El estudio se inicia según el diagrama del proceso de análisis que se muestra en la siguiente figura:

Figura 12. El proceso de Análisis en Ingeniería Química



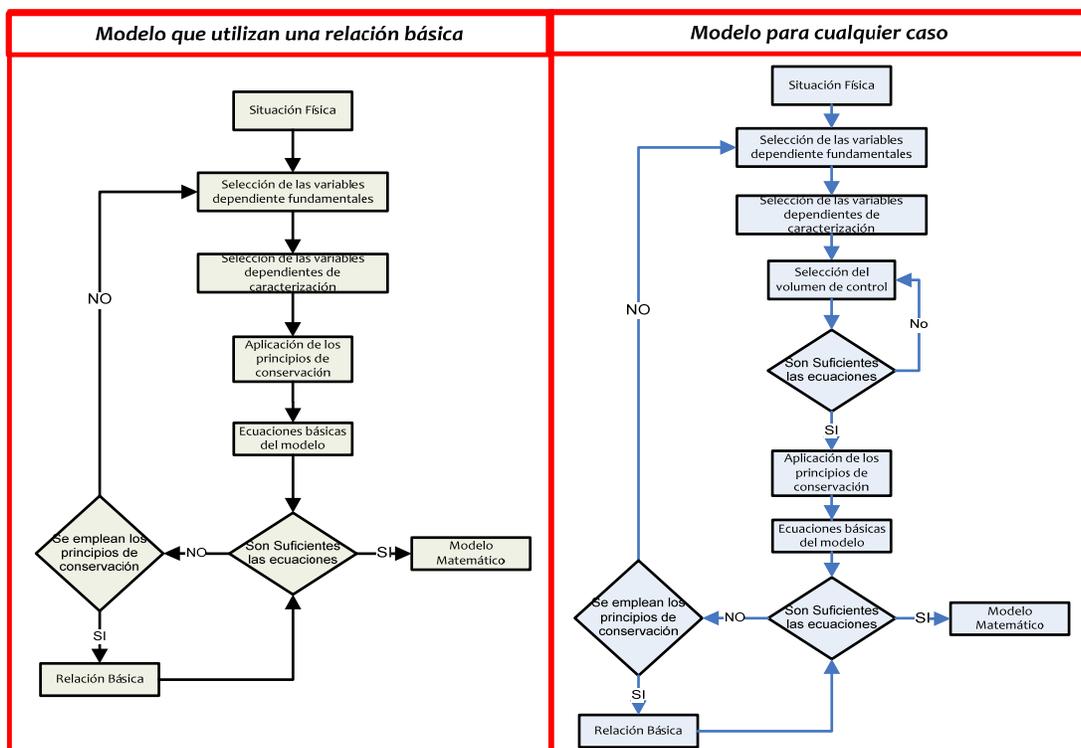
Fuente: F. Russel, "Introducción al análisis en Ingeniería Química", Página 36

La mayoría de las descripciones matemáticas representarán una combinación esencial de la complejidad inherente a la descripción detallada de un caso real, y la sencillez requerida, da tal manera que el modelo pueda ser comparado con el experimento y después utilizarse para el diseño. El grado de relación depende de los objetivos específicos del problema y se incluye en la tarea de obtención del modelo. Dada una descripción matemática, es necesario verificar su exactitud antes de utilizarla para propósitos de ingeniería. Esto requiere resolver las ecuaciones que predicen el comportamiento del modelo matemático, en condiciones donde pueda hacerse una comparación directa del comportamiento con el real.

Se puede manipular el modelo matemático para observar cómo reaccionan entre si las variables del problema y cuál es el efecto de los parámetros del modelo sobre el comportamiento del mismo. Esta información puede utilizarse para planear en forma apropiada los experimentos y así probar el grado de validez del modelo matemático e interpretar los resultados experimentales. El proceso de comparación es una característica esencial en los procesos del análisis de ingeniería, porque es aquí donde el ingeniero da el valor a sus juicios acerca de la utilidad y confiabilidad de un modelo respecto de la predicción y diseño subsecuente. El análisis de un fenómeno principia con la formulación de una descripción matemática adecuada, el primer paso es seleccionar las variables dependiente fundamentales, es decir todo el conjunto de cantidades cuyos valores en cualquier tiempo contienen toda la información acerca de procesos, necesaria para investigar cualquiera de los fenómenos. En la mayoría de los problemas de ingeniería química solo interesan tres variables que suelen ser: masa, energía y cantidad de movimiento.

Las variables dependientes características son aquellas que pueden ser medidas convenientemente y pueden agruparse en forma adecuada para determinar el valor de las variables dependientes fundamentales. Generalmente es necesaria más de una variable característica, para cada variable fundamental. El valor de todas las variables que caracterizan cualquier tiempo y cualquier punto en el espacio, define el estado del sistema y por lo tanto se denominan variables de estado. A continuación se da la comparación de los diagramas de modelos, utilizando una relación básica y el diagrama para el desarrollo de un modelo de cualquier caso.

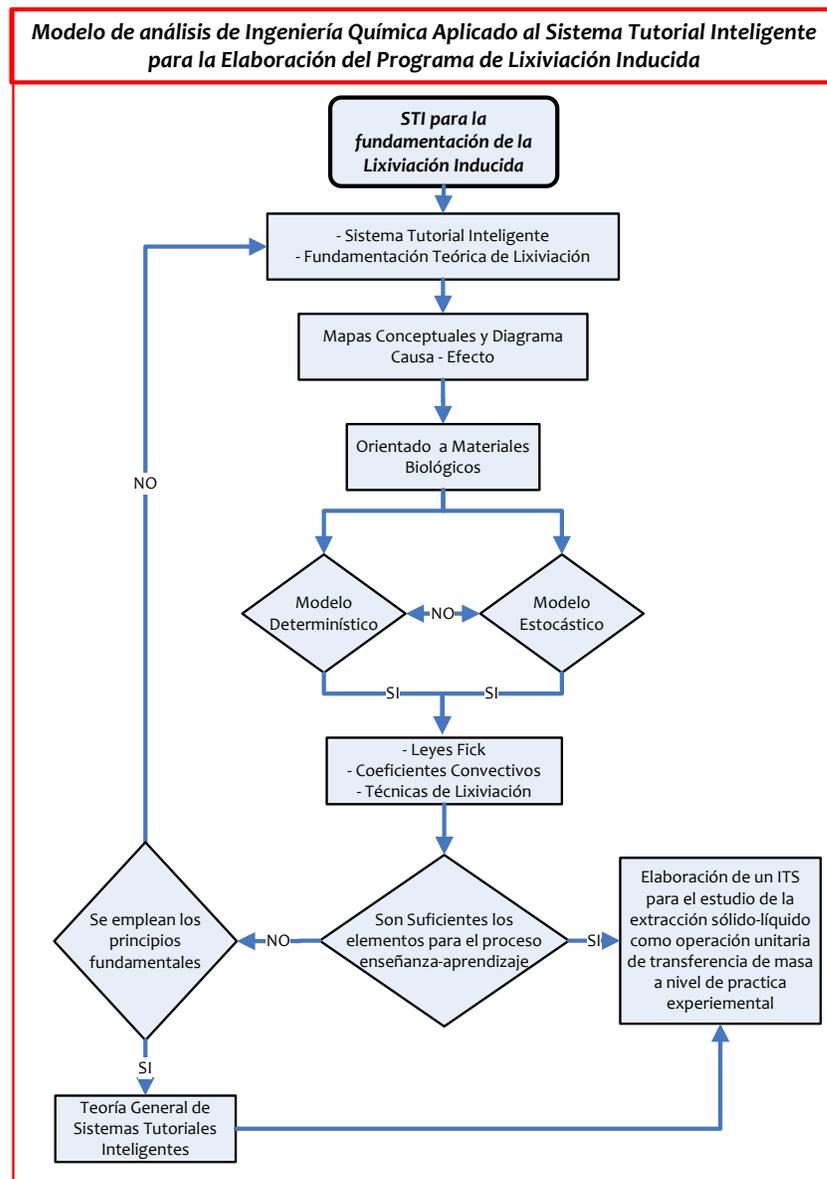
Figura 13. Comparación de modelos que utilizan una relación básica y uno modelo para cualquier caso



Fuente: F. Russel, "Introducción al análisis en Ingeniería Química", Página 65-68

La siguiente figura muestra la aplicabilidad del análisis en ingeniería química en la operación unitaria de lixiviación, basado en un modelo para cualquier caso.

Figura 14. Modelo de análisis para el desarrollo del STI para el programa de Lixiviación



Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

El modelo anterior está adaptado a las condiciones del presente trabajo de graduación, por lo que; la situación física que representa el diagrama de flujo para la resolución de cualquier problema en ingeniería química es el programa de extracción sólido-líquido (lixiviación), la selección de variables dependientes fundamentales corresponden a los sistemas tutoriales inteligentes y la conceptualización teórica de la lixiviación.

Debido a que el modelo representado por el diagrama de flujo, está basado en ecuaciones matemáticas relacionadas con la Ingeniería Química, el programa está basado en modelos matemáticos básicos de la transferencia de masa, ecuaciones de difusión, coeficiente Convectivos y otros que dan pauta a la fundamentación teórica de la operación unitaria de lixiviación y así mediante la asistencia de Microsoft Visual Basic 6.0 lograr reunir los elementos característicos de un sistema tutorial inteligente.

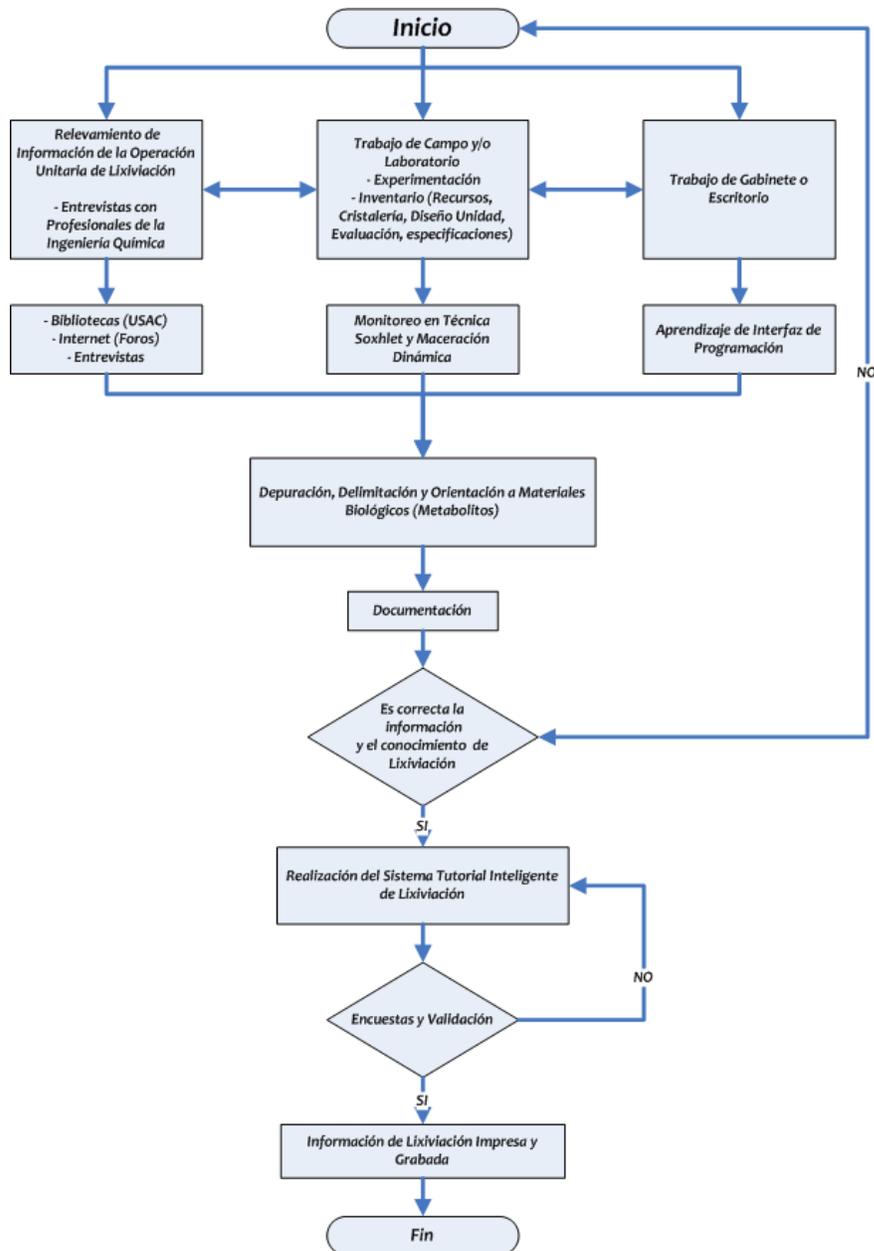
2.5 Metodología para la realización de un STI orientado a la lixiviación inducida de materiales biológicos.

La metodología empleada en este trabajo de graduación se realiza mediante:

- Trabajo de Campo / Experimentación
- Relevamiento de Información
- Trabajo de Gabinete / Desarrollo Software educativo

La siguiente figura muestra con detalle cada uno de los pasos realizados para la realización del sistema tutorial inteligente de lixiviación.

Figura 15. Metodología utilizada en la realización del Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación.



Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

Trabajo de Campo - Experimentación

Se realizó con el fin de observar la influencia del monitoreo constante en la extracción Sólido-Líquido en las variables de operación.

Relevamiento de Información

Para la fundamentación teórica se recurrió a la búsqueda de material bibliográfico (ver bibliografía) en diferentes bibliotecas de la Universidad San Carlos de Guatemala, el sitio de internet www.ingenieriaquimica.org donde a través de foros abiertos a todo el público puede pedirse información acerca de un tema en específico o algunas personas también exponen algunos links donde puede bajarse material bibliográfico. Además se obtuvieron entrevistas con los profesionales de la ingeniería química en Guatemala:

- Universidad San Carlos de Guatemala
 - o Ing. César Alfonso García Guerra (Asesor de trabajo de graduación)
 - o Ing. Otto Raúl de León (Catedrático de la Escuela de Ingeniería Química y Jefe del área de Operaciones Unitarias)
 - o Ing. Federico Salazar

Realización Aplicación Tutorial

Para la realización del programa de simulación y la aplicación tutorial de la Lixiviación inducida; se recurrió a realizar un auto aprendizaje de los módulos siguientes en tutoriales encontrados en internet y libros especializados del tema:

- Aplicación Microsoft Visual Basic 6.0
- Adobe Acrobat Professional®

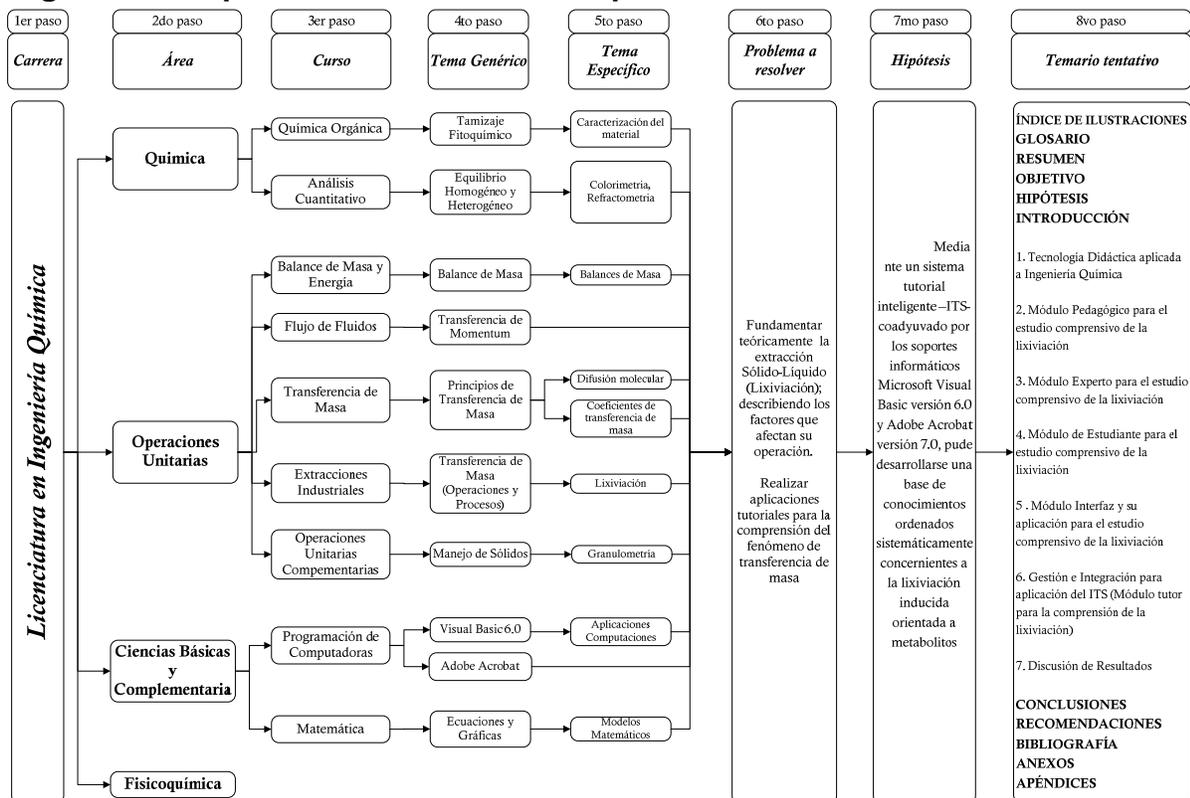
Evaluación Descriptiva e Instrumento de Evaluación del Sistema Tutorial Inteligente.

Se utilizó un formato de pregunta cerrada (SI/NO). Se realizaron dos procesos de encuesta:

- Estudios Previos: Se analizaron errores del programa, ortográficos, pedagógicos y estéticos del programa.
- Correspondiente a la Evaluación descriptiva: Se mostró satisfactoriamente la aceptación del método y la aplicación computacional

La integración de la metodología utilizada, con la aplicación computacional del sistema tutorial inteligente de lixiviación y el currículo de estudios de la licenciatura se presenta a continuación.

Figura 16. Requerimientos académicos para realizar un STI de Lixiviación



Fuente: David Alejandro Reynoso Revolorio

3. MÓDULO EXPERTO PARA EL ESTUDIO COMPRENSIVO DE LA LIXIVIACIÓN

3.1 Definición

El módulo experto está basado en toda la fundamentación teórica de la lixiviación aplicada a sólidos biológicos (metabolitos), los componentes de éste son explicados a través de diagramas Causa-efecto (Ishikawa) donde partiendo del problema inicial, se puede dar a conocer los factores que intervienen en el éxito o fracaso del aprendizaje del tema y de la aplicación posterior en el campo de la Ingeniería Química en Guatemala.

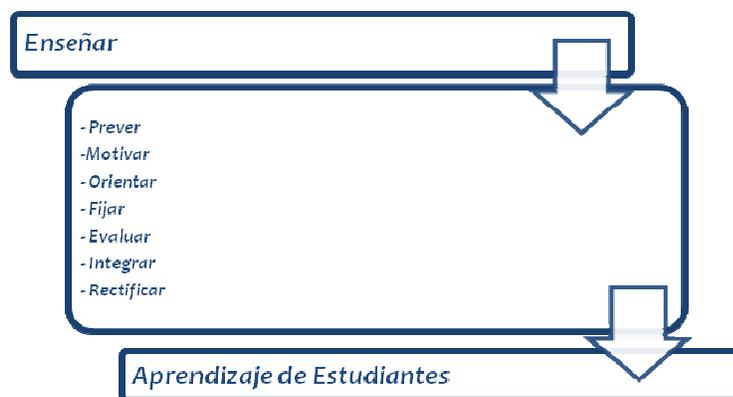
Además, a través de la vía matemática, se introduce al estudiante de ingeniería a realizar análisis prácticos de modelos que puedan ser representados por las leyes de conservación y aplicados vía modelos. Se tiene el menú de cálculos, que hace reiterar al estudiante en lo importante de realizar cálculos en lixiviación y aprender a través de ecuaciones empíricas de transferencia de masa. El modelo experto también enfatiza el recurso de los protocolos de cálculo para coadyuvar al estudiante en ese pensamiento crítico, que tiende a ser los cálculos de transferencia de masa debido a que es un tema poco estudiado en el desarrollo de la carrera de Ingeniería Química.

3.2 Planeación Didáctica

El planeamiento didáctico es uno de los pasos más importantes para el exitoso desempeño de cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje. La planificación es importante y necesaria porque asegura:

- La eficiencia que consiste en lograr los resultados previstos
- La economía que consiste en lograr los resultados con el menor costo de tiempo, trabajo y recursos.
- La utilidad que consiste en realizar las acciones que permitan alcanzar los resultados previstos
- El orden que consiste en asegurar la secuencia más adecuada para lograr los resultados
- Amplitud que consiste en poseer una visión de conjunto del proceso didáctico para que éste sirva a fines educativos más amplios.

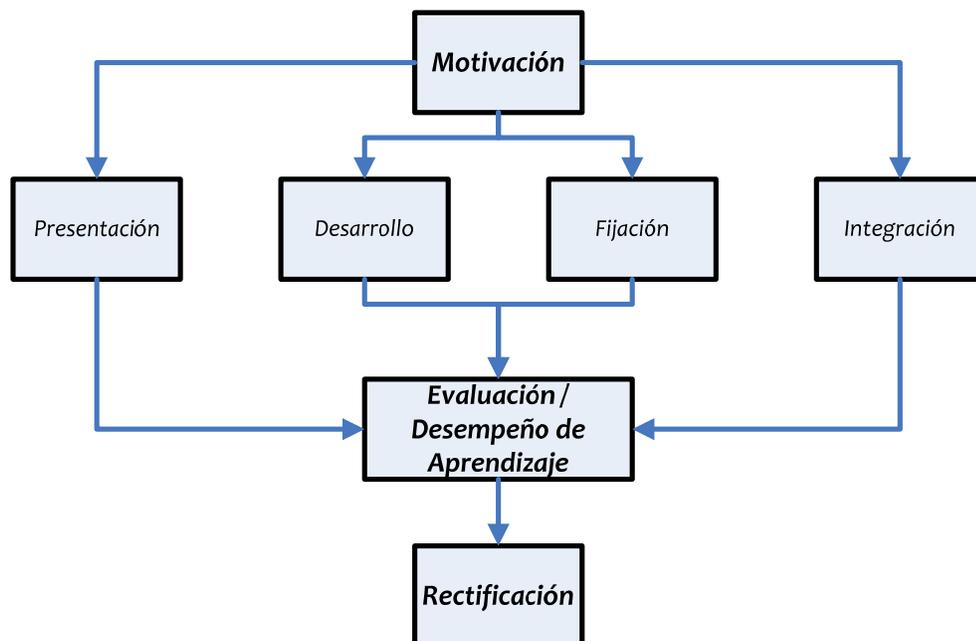
Figura 17. Proceso Enseñanza-Aprendizaje



Fuente: Carmen María Galo de Lara, "Tecnología Didáctica, Objetivos y Planeamiento"

Y es llevado a cabo por medio del siguiente diagrama que representa sistemáticamente cada una de las etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Figura 18. Proceso Sistemático de Enseñanza-Aprendizaje



Fuente: Carmen María Galo de Lara, "Tecnología Didáctica, Objetivos y Planeamiento"

Motivación

Es activar, mantener y dirigir la atención del alumno hacia un punto en específico. La motivación es continua para lograr que la atención del alumno no sólo se dirija al objeto de aprendizaje sino se mantenga por el tiempo necesario para lograr su consecución. Es la acción de proporcionar los estímulos necesarios para activar, dirigir y mantener la atención del alumno hacia el objeto de aprendizaje durante todo el proceso.

Presentación

Consiste en poner en contacto al alumno con el objeto o contenido del aprendizaje, es la acción de mostrar al alumno el objeto o contenido del aprendizaje. Se ofrece al principio del proceso y su realización adecuada puede servir de motivación inicial para atraer la atención.

Desarrollo

Consiste en orientar la actividad (receptiva, reflexiva y reactiva) del alumno para que se logre el proceso de enseñanza-aprendizaje. El desarrollo incluirá todas las acciones del maestro y el alumno para que éste reciba, reflexione y reaccione ante el objeto de aprendizaje

Fijación

Consiste en lograr que el aprendizaje adquirido sea permanente en el alumno. Dicha etapa, señalará actividades adecuadas en distintos momentos del proceso para que el alumno adquiera permanentemente su aprendizaje. Es la acción de asegurar la retención de determinadas conductas en cualquiera de los tres dominios por medio de la ejercitación oportuna.

Integración

Consiste en lograr que el alumno adquiera la visión global del objeto de aprendizaje y asocie y relacione el nuevo aprendizaje con los anteriores. La integración constituye un momento final del proceso y señala una serie de procedimientos utilizados para controlar el logro de objetivos específicos. Es la acción mediante la cual se relacionan los elementos aprendidos logrando una visión integral del contenido. Constituye un momento final del proceso didáctico.

Control

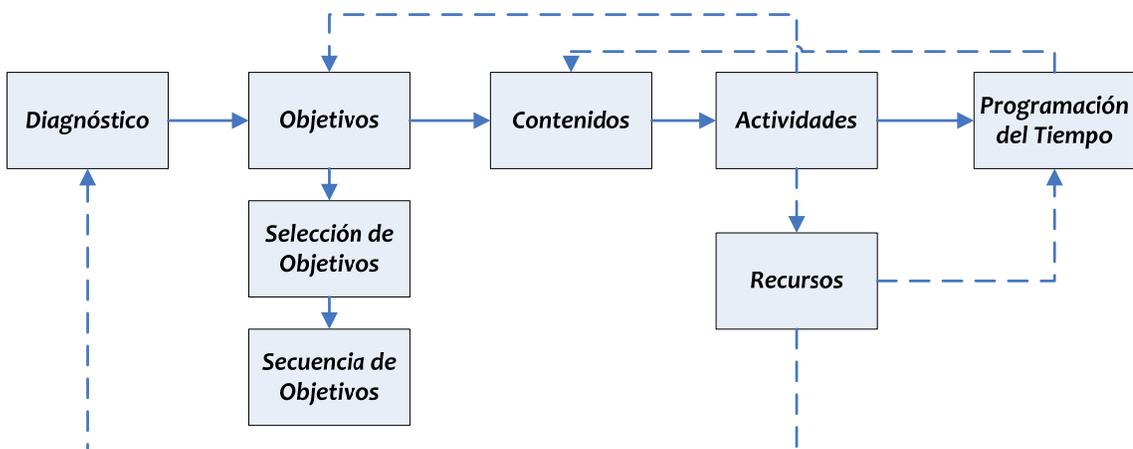
Es la evaluación del desempeño o del logro de los objetivos del aprendizaje. Es la serie de acciones realizadas para controlar los logros u objetivos alcanzados por los alumnos. Es continua durante el proceso didáctico.

Rectificación

Es el uso de estrategias diferentes para asegurar el logro de los objetivos del aprendizaje. La rectificación es posterior a cada momento de evaluación y señala las acciones adecuadas para asegurar que los alumnos que no alcanzaron el objetivo, puedan lograrlo.

A continuación se enumera las fases del planeamiento didáctico mediante la figura 19, que todo instructor debe conocer para realizar correctamente la metodología propuesta por el módulo experto.

Figura 19. Fases del Planeamiento Didáctico



Fuente: Carmen María Galo de Lara, “Tecnología Didáctica, Objetivos y Planeamiento”

3.3 Planeación Didáctica aplicada para STI de Lixiviación

Diagnóstico

Este paso inicial permitirá al profesor realizar una planificación con bases concretas y realistas que asegure que es factible la ejecución del plan. Se debe de tener especial atención a:

- Avances que se tienen en la escuela de Ingeniería Química, USAC. Respecto del tema de Extracción Sólido-Líquido
- Equipo de Laboratorio Disponible
- Factibilidad de Implementación práctica a nivel planta piloto
- Conocimiento de Lixiviación en General
- Conocimiento y Razonamiento del proceso de Extracción Sólido-Líquido
- Necesidades e Intereses respecto a la Extracción Sólido-Líquido
- Habilidades de Software y Recursos en el Aula

Objetivos

Es una decisión que debe tomarse de acuerdo a:

- Diagnóstico de STI-Lixiviación
- Contenido de Extracción Sólido-Líquido
- Diferenciación Objetivos Curso de Transferencia de Masa y STI-Lixiviación
 - Objetivos de Curso
 - Antecedentes y Conocimientos Previos
 - Actualización y Habilidades de Estudiantes

Contenido

Elemento Esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje

- Basado en Diagnóstico
- Basado en la planificación
- Basado en los objetivos
- Basado en las actividades a Realizar

Recursos

- STI-Lixiviación
- Material Bibliográfico
- Laboratorio – Unidades Experimentales
- Operaciones Unitarias – Planta Piloto

Evaluación / Medición del Desempeño

- Usar taxonomía de Bloom (Dominio Cognoscitivo)
- Usar taxonomía de Kratwohl (Dominio Afectivo)
- Usar taxonomía de Harrow (Dominio Psico-Motriz)

Tabla I. Planificación de actividades de STI-Lixiviación, de acuerdo al marco educativo de planeación didáctica.

Planeamiento Didáctico		Constante	Día 1	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Mejora Continua
		Actividades Motivación y Otras	Actividades Presentación	Actividades Desarrollo	Actividades Fijación	Actividades Integración	Actividades Evaluación	Actividades Rectificación
Diagnóstico								
Contenidos	STI-Lixiviación							
	Lixiviación Inducida							
	Incubación STI-Lixiviación							
	Lixiviación							
Enseñanza Personalizada	STI-Lixiviación							
	Material Bibliográfico							
	Mapas Conceptuales y Diagrama Causa-Efecto							
Estudio de Casos	STI-Lixiviación							
	Proceso Experimental a nivel Laboratorio							
	Proceso Experimental a nivel Planta Piloto							
	Proceso Industrial							
Equipo de Trabajo	Tópicos Selectos de Lixiviación							
	Debate y Defensa							
Experimentación	Laboratorio							
	Planta Piloto							
	Visita Guiada							
Investigación bibliográfica	Monografías							
	Libros							
	Revistas							
	Internet							
	Foros							
Proyecto	Preparación Proyecto							
	Entrega Proyectos							
Evaluación	Extracción Sólido-Líquido							
	STI-Lixiviación							

Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

3.3.1 Incubación/Motivación

Las actividades de motivación para el STI-Lixiviación pueden ser:

- Discusión en grupo acerca del tema de la lixiviación sus alcances e historia en la Ingeniería Química.
- Lograr un clima adecuado para el estudio de la lixiviación (Software Educativo, Material Bibliográfico y Clase Magistral)
- Talleres de trabajo, respecto a temas específicos de la Lixiviación tales como: equipos, extracción supercrítica, cálculos, libros, transferencia de masa, etc.
- Presentaciones acerca de Investigaciones realizadas o bien que cada equipo de trabajo muestre algún tópico que ellos hayan elegido.

3.3.2 Presentación

La Presentación del STI de Lixiviación puede realizarse:

- Exposición magistral de:
 - Software Educativo – STI
 - Lixiviación
 - Practica Experimental a nivel laboratorio y planta piloto
 - Practica Industrial
 - Hidrometalurgia
 - Extracción Supercrítica

- Presentación – Panel de Especialistas del tema para atraer atención al estudiante de la relevancia del tema en Ingeniería Química.

3.3.3 Desarrollo

El desarrollo se fundamenta en:

- Lecturas de Lixiviación en General
- Investigación Bibliográfica de Extracción Sólido-Líquido
- Análisis / Optimización de Extracción Sólido-Líquido
- Introducción / Desarrollo STI-Lixiviación
- Monitorear actividad del Estudiante en STI-Lixiviación
- Equipos de trabajo, discusión sobre material en STI-Lixiviación y bibliografía recolectada

3.3.4 Fijación

La fijación se realiza a través de:

- Incubación de STI-Lixiviación.
- Clase magistral de Transferencia de Masa y aplicación a extracción sólido-líquido.
- Aplicación / Práctica en Unidades Experimentales y Reactores
- Mediación Lixiviación y su importancia en la planta piloto y/o laboratorio de operaciones unitarias
- Casos de estudio aplicados a la extracción sólido-líquido

- Extracción Sólido-Líquido en Guatemala
- Actividades grupales en materia de lixiviación a nivel macro (Explicación de cómo la tierra está en proceso constante de lixiviación a través de la lluvia y los ciclos) y a nivel micro.
- Búsqueda de Industrias guatemaltecas de lixiviación y visitas guiadas a éstas.

3.3.5 Integración

La integración se realiza a través de:

- Elaboración Mapas Conceptuales actualizados de Operaciones Unitarias
- Elaboración Mapas Conceptuales de Extracciones en Ingeniería Química
- Diagramas Causa-Efecto de Lixiviación
- Diagramas Causa-Efecto de Separaciones
- Resolución de problemas típicos
 - Minerales
 - Tejidos Vegetales
- Procesos en la Industria de Lixiviación-Resolución métodos gráficos
- Análisis de métodos numéricos en Ingeniería Química- resolución métodos analíticos.
- Panel, debate y defensa de estudiantes a final unidad de Lixiviación
- Mejoramiento de Unidades Experimentales-Optimización y Presentación de proyectos terminados.

3.3.6 Evaluación del Desempeño

La evaluación en el software educativo como tal es muy difícil realizar alguna clase de evaluación, debido a la pedagogía fundamentada en los sistemas tutoriales inteligentes, se propone:

- Diagnóstico inicial de Transferencia de Masa
- Diagnóstico de Operaciones Unitarias y Separación
- Evaluación de contextos y contenidos aprendidos.
- Discusión final de objetivos planeados y realizados.
- Observación constante del desempeño del grupo en STI-Lixiviación
- Evaluación sistemática de contenidos fundamentales de la extracción sólido-líquido.
- Evaluación individual
- Gráficas comparativas de comportamiento y análisis estadísticos

3.3.7 Rectificación

Se realiza a través de:

- Incubación STI-Lixiviación
- Uso de STI-Lixiviación
 - Medición de tiempo de aprendizaje
 - Orientación del tema de lixiviación
- Mejora Continua STI-Lixiviación / código programación para posibles cambios-mejoras

3.4 Requisitos del experto para STI de Lixiviación

Los requisitos para que se tenga un control sobre el STI-Lixiviación son:

- Área Ingeniería Química
 - o Operaciones Unitarias
 - o Procesos de Transporte
 - o Transferencia de Calor
 - o Transferencia de Masa
 - o Tópicos Selectos de Transferencia de Masa
 - o Aplicaciones de la Lixiviación
- Área Pedagogía
 - o Pedagogía Universitaria
 - o Software Educativo
 - o Innovación Educativa
- Área Tecnológica
 - o Programación en Visual Basic
 - o Fundamentos de Adobe Acrobat edición profesional.

3.5 Empleo módulo Tutor en STI de Lixiviación

La aplicación fue realizada mediante los soportes informáticos Visual Basic 6.0 y Adobe Acrobat, a continuación se muestran los comandos utilizados con mayor frecuencia para que el instructor, pueda tener acceso libre al código y modificarlo para que continúe evolucionando el programa y sea de utilidad a mayor cantidad de profesionales en la materia.

Apertura de Acrobat Reader

*Private Declare Function ShellExecute Lib "Shell32.Dll" Alias "ShellExecuteA"
(ByVal hWnd As Long, ByVal pOperation As String, ByVal pFile As String, ByVal
pParameters As String, ByVal pDirectory As String, ByVal nShowCmd As Long)
As Long* **‘Función para abrir documentos PDF**

Definición de variable Global

*Option Explicit
Dim abrir As Long*

Apertura de Archivo PDF

*abrir = ShellExecute(Screen.ActiveForm.hWnd, "open",
"c:\vixiviacion\recursos\vixiviacion.pdf", vbNullString, vbNullString, 4)*

Abrir/Cerrar Formularios

Form1.Show **‘Apertura**
Unload Me **‘Cerrar formulario**

Limpiar

Call limpiar() **‘llama el procedimiento limpiar**

*Private Sub limpiar ()
 Text1.Text = ""
 Text2.Text = ""
 Text3.Text = ""
 Text4.Text = ""
 Text5.Text = ""
 Text7.Text = ""
 Text3.SetFocus
End Sub* **‘Descripción del procedimiento limpiar**

Leer Variables / Respuestas

- String a Número: **VAL(String)**
- Número a String: **STR(numero)**

Impresión

Me.PrintForm

4. MÓDULO DE ESTUDIANTE PARA EL ESTUDIO COMPRESIVO DE LA LIXIVIACIÓN

4.1 Definición

Es comprendido específicamente por los menús de cálculo y fundamentación de la lixiviación. Según el concepto del módulo de estudiante inicia con la conceptualización de la extracción sólido-líquido, a través del diagrama causa-efecto (Ishikawa), figuras, gráficos; llevando así al estudiante a aprender de una manera amena y cómoda la teoría de transferencia de masa aplicada a la lixiviación y a su estudio a nivel laboratorio. El menú de cálculos, da la experiencia en las ecuaciones de difusión que el estudiante de ingeniería química debe de entender para poder realizar el proceso de aprendizaje de éste tópico.

4.2 Mapas conceptuales y Diagramas Causa-Efecto

El mapa conceptual aparece como una herramienta de asociación, interrelación, discriminación, descripción y ejemplificación de contenidos, con un alto poder de visualización dedicada específicamente a las ciencias. Se pueden elaborar mapas muy diferentes, según el propósito que tengan. Se clasifican en varios tipos:

- Mapa Jerárquico: en el que a partir del concepto principal (situado en la parte superior) va descendiendo verticalmente según el orden de importancia. Vemos varios ejemplos de mapa jerárquicos aquí.
- Mapa araña: que sitúa el tema principal en el centro y dibuja los temas subordinados a su alrededor, como las patas de una araña, de manera radial.
- Mapa de Organigrama: que organiza la información de manera lineal o bidimensional, pero indicando el flujo recomendado para la lectura, la forma de seguir la información o las decisiones que hay que adoptar según se va avanzando en su lectura y comprensión
- Mapa Sistémico: similar al anterior, pero añadiendo entradas y salidas.
- Imagen de Paisaje: elaborando el mapa a modo de paisaje, tomando como referencia un lugar real o imaginario, organizar los conceptos y proposiciones siguiendo el dibujo correspondiente.

El diagrama Causa-Efecto, fue descrito primeramente por Kauru Ishikawa en su libro ¿Qué es Control de Calidad Total?, dicho diagrama presenta el análisis de las todas las causas y subcausas que pueden generar problemas y así adelantarse a los efectos que puedan producir. La metodología para realizar un diagrama causa-efecto es la siguiente:

- Determinar e identificar claramente cuál es el problema y los efectos a estudiar
- Realizar una lluvia de ideas para determinar las posibles causas que puedan generar dichos defectos.
- Realizar una selección de los factores aportados para evitar duplicidades y que se cumpla con la identificación de factores relevantes.
- Construcción del Diagrama

A lo largo de este trabajo de graduación se recurrió al uso intensivo de los mapas conceptuales y diagramas causa-efecto para mostrar lo indispensable que se vuelven estas herramientas cuando se está analizando, fundamentado teóricamente y tratar de optimizar métodos.

4.3 Organización y representación de Diagramas en Lixiviación orientada a Metabolitos

La organización y desarrollo de la base de conocimientos ordenados sistemáticamente se describe por medio de diagramas causa-efecto con la siguiente logística:

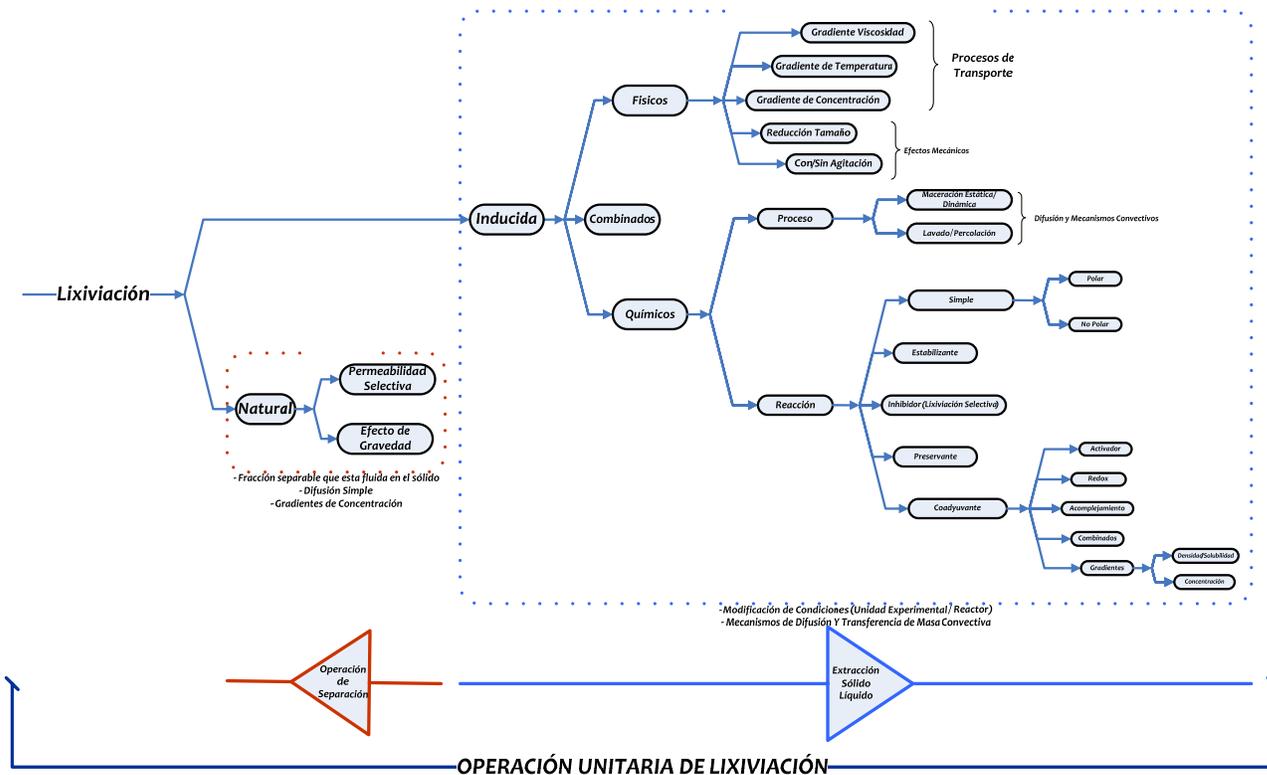
- Ordenamiento de la Lixiviación
- La Lixiviación Inducida a nivel de laboratorio y practica experimental
- La Lixiviación Inducida como operación unitaria de transferencia de masa y La Lixiviación mediante la integración a Ingeniería Química

4.3.1 Ordenamiento del conocimiento de la Lixiviación

El ordenamiento de la lixiviación parte de la idea de que la lixiviación es el proceso general de la extracción sólido-líquido, a través del diagrama se observa que la lixiviación puede ser natural; dada a través de permeabilidad selectiva y efectos de gravedad, que dichos de otra manera corresponde a la fracción fluida dentro del sólido y la difusión simple que sucede como respuesta al gradiente de concentración denominado.

La extracción Sólido-Líquido es una Lixiviación inducida y corresponde a los efectos físicos, químicos o combinados que puedan darse. A continuación se presenta el diagrama de ordenamiento del conocimiento de la lixiviación en general.

Figura 20. Ordenamiento general de la Lixiviación

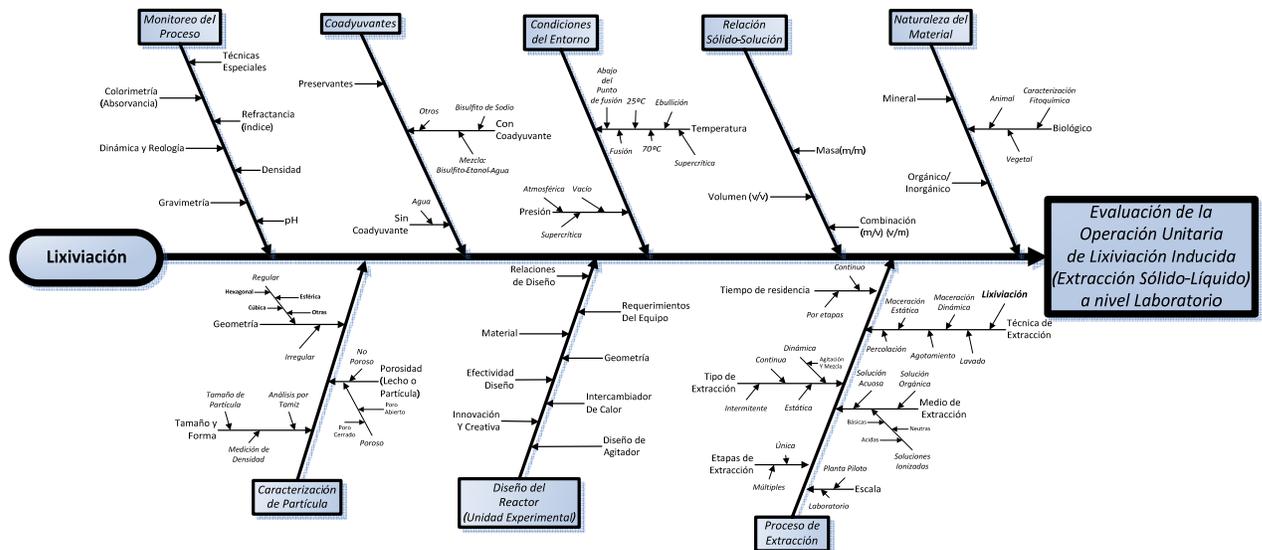


Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

4.3.2 La Lixiviación inducida a nivel de práctica experimental (laboratorio)

A través de experiencias pasadas y el monitoreo constante desarrollado a través de la lixiviación inducida, se pueden describir los actores que afectan directamente a la optimización del proceso a nivel de práctica experimental en el laboratorio. A continuación se muestra un diagrama causa-efecto para dicho proceso.

Figura 21. Diagrama Causa-Efecto para la evaluación de la Lixiviación inducida a nivel laboratorio

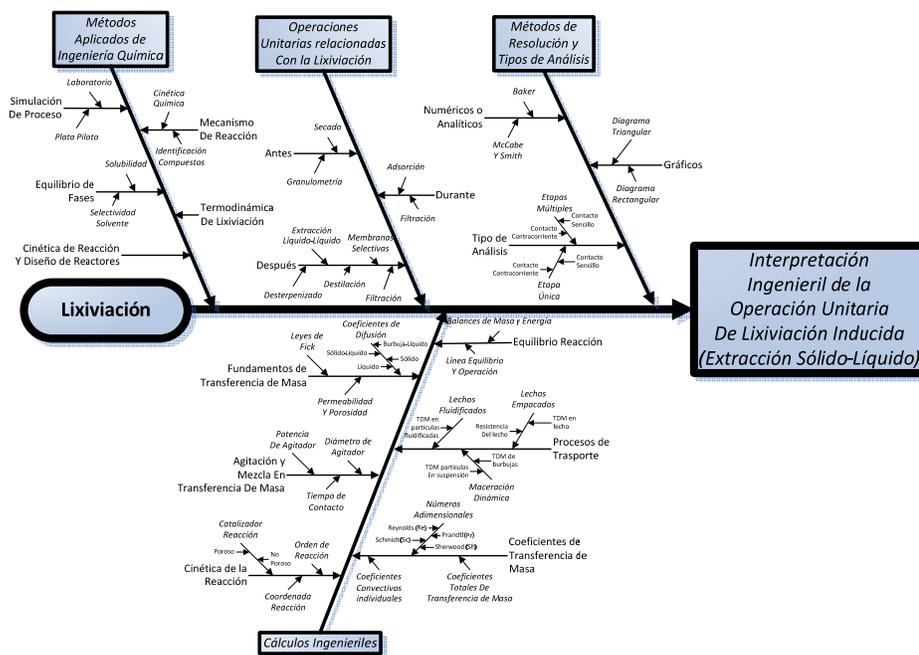


Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

4.3.3 La Lixiviación inducida como Operación Unitaria de Transferencia de Masa

A través de experiencias pasadas y el monitoreo constante desarrollado a través de la lixiviación inducida, se pueden describir los actores que afectan directamente a la optimización y el proceso de enseñanza-aprendizaje de la operación unitaria de lixiviación Inducida; dicho diagrama tiene un sentido de Ingeniería Química a través del cual se pueden observar los factores a tomar en cuenta en una descripción de la lixiviación como operación de transferencia de masa y su aplicación en Ingeniería Química. A continuación se muestra un diagrama causa-efecto para dicho proceso.

Figura 22. Diagrama Causa-Efecto para la evaluación de la Lixiviación inducida a como Operación Unitaria

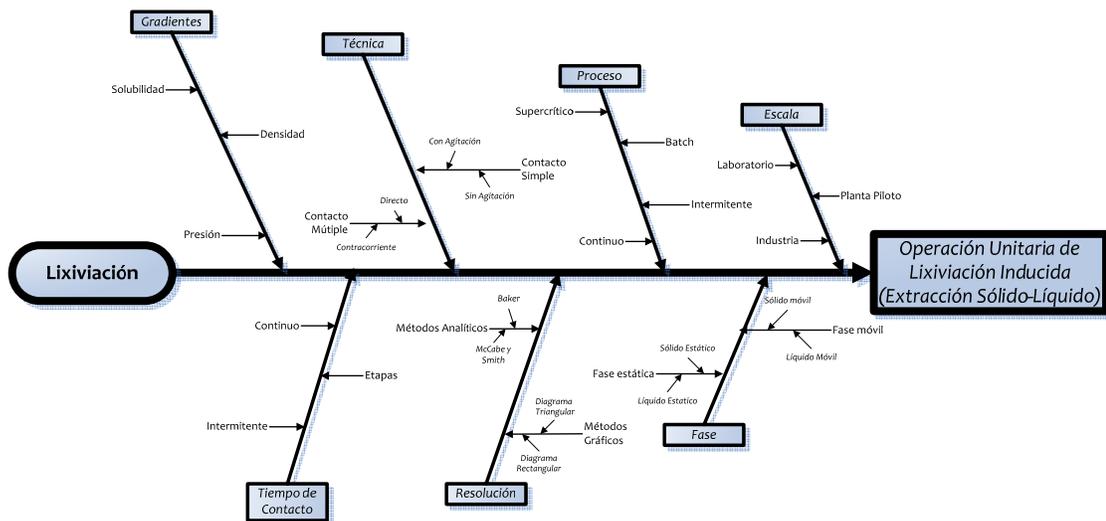


Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

4.3.4 La Lixiviación y su integración en Ingeniería Química

La integración de los conocimientos de la lixiviación como parte de un todo de Ingeniería Química se basa en el concepto de operación Unitaria. A continuación se muestra un diagrama causa-efecto para dicho proceso.

Figura 23. Diagrama Causa-Efecto para la integración de la Lixiviación inducida en la Ingeniería Química



Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

4.4 Empleo del módulo de estudiante

4.4.1 Cálculos de difusión

Los cálculos de difusión en transferencia de masa, forman parte de los aspectos fundamentales de dicho tema, ya que son base para coeficientes convectivos, correlaciones empíricas y otros protocolos de cálculos. El sistema tutorial inteligente de lixiviación, pretende introducir al estudiante de ingeniería química en los cálculos de dicha magnitud de una manera sencilla y que pueda ser ampliado el conocimiento a través de las habilidades de investigación del estudiante; dicha ventana se divide en 4 partes:

- Área de ecuación: formada por la imagen (haciendo clic, vía linking a un documento PDF donde muestra dimensionales y explicaciones de las variables de dicha ecuación)

Figura 24. Interacción entre el Sistema Tutorial Inteligente y la opción hipervínculo, a través de Adobe Reader.

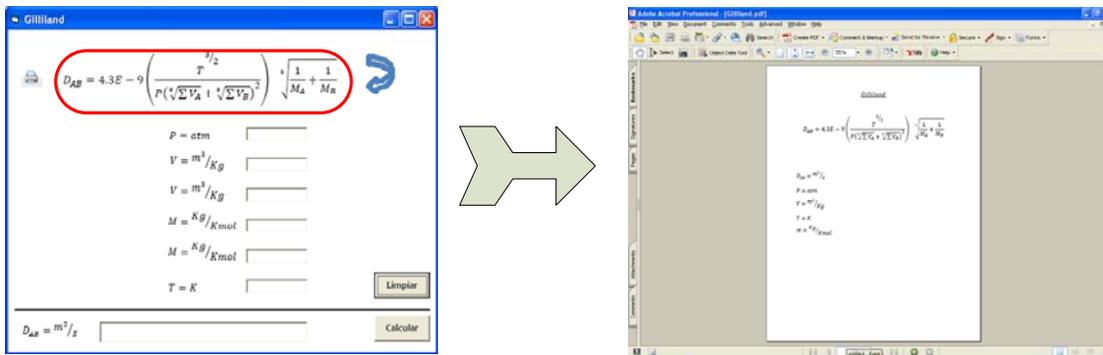


Figura 25. Ventana típica de cálculo de difusión con dos componentes en el Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación

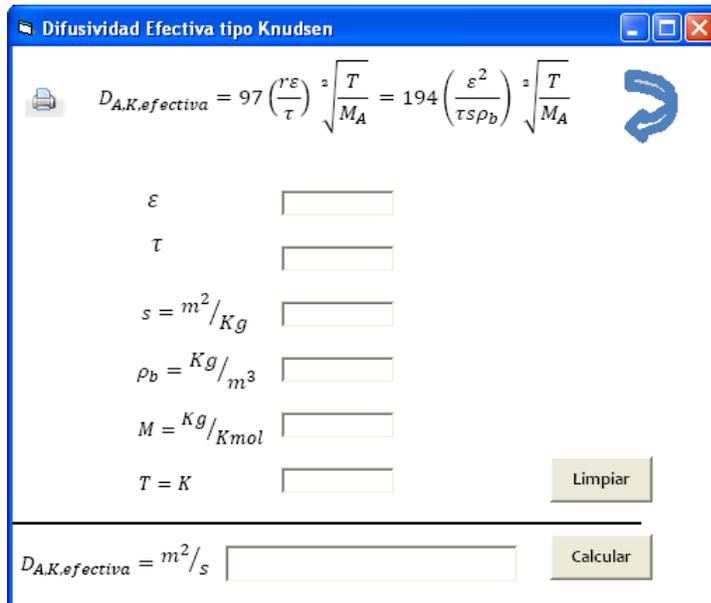
$$D_{AB} = 4.3E - 9 \left(\frac{T^{3/2}}{P(\sqrt{\sum V_A} + \sqrt{\sum V_B})^2} \right) \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}$$

Elementos del Componente A	Elementos Comunes / Mezcla	Elementos del Componente B
$V = m^3/Kg$ <input style="width: 80%;" type="text"/> $M = Kg/Kmol$ <input style="width: 80%;" type="text"/>	$P = atm$ <input style="width: 80%;" type="text"/> $T = K$ <input style="width: 80%;" type="text"/>	$V = m^3/Kg$ <input style="width: 80%;" type="text"/> $M = Kg/Kmol$ <input style="width: 80%;" type="text"/>

$D_{AB} = m^2/s$

- Área de cálculos: donde el estudiante introduce los valores de las variables utilizadas en las relaciones empíricas.
- Cálculo: donde se observa el resultado obtenido
- Botón de Impresión y Regresar a menú principal: el botón de impresión corresponde a la imagen , presionando este botón imprimirá automáticamente lo que se ve en la pantalla del formulario. El botón , regresa al formulario principal, donde se encuentran los menús para que el estudiante tenga control sobre su aprendizaje.

Figura 26. Ventana típica de cálculo de difusión de un componente en el Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación



Las ecuaciones de difusión que se pueden encontrar son:

- Gases
 - o Fuller-Schettler-Gidding, Guilliland, Wilke-Lee, Chapman-Enskog
- Líquidos
 - o Soluciones Electrolíticas
 - Stokes-Einstein, Wilke-Chang, Sitaraman, Hayduk-Laudie, Ruddy-Duraiswany
 - o Soluciones No electrolíticas
 - Nerst
- Sólidos
 - o Módulo de Knudsen
 - o Difusión Knudsen
 - Difusión Knudsen
 - Difusión Efectiva de Knudsen

4.4.2 Protocolos y Metodología de Cálculo

Los protocolos de cálculo, son metodologías que explican de manera general los procedimientos de análisis que deben ser seguidos para entender de una manera sencilla y correcta como realizar los procedimientos de cálculo.

En el menú se encuentran los protocolos:

- Lixiviación a nivel laboratorio
 - o Coeficientes de transferencia de masa
 - Maceración dinámica
 - Lechos empacados
- Números adimensionales
 - o Analogías en transferencia de calor y masa
- Resolución de problemas teóricos de Lixiviación
 - o Teoría de la extracción sólido-Líquido
 - Métodos gráficos
 - Protocolo general
 - Diagramas aplicados a la Lixiviación
 - Métodos analíticos
 - Procesos / Técnicas de Lixiviación
 - o Ejemplo tutorial de Lixiviación a contracorriente y en etapas múltiples

Los protocolos de cálculo, son documentos tipo PDF que muestran de manera agradable, los procedimientos ordenados de cálculos para tener resultados coherentes en los procesos de lixiviación de ingeniería química.

4.4.3 Problemas de Lixiviación

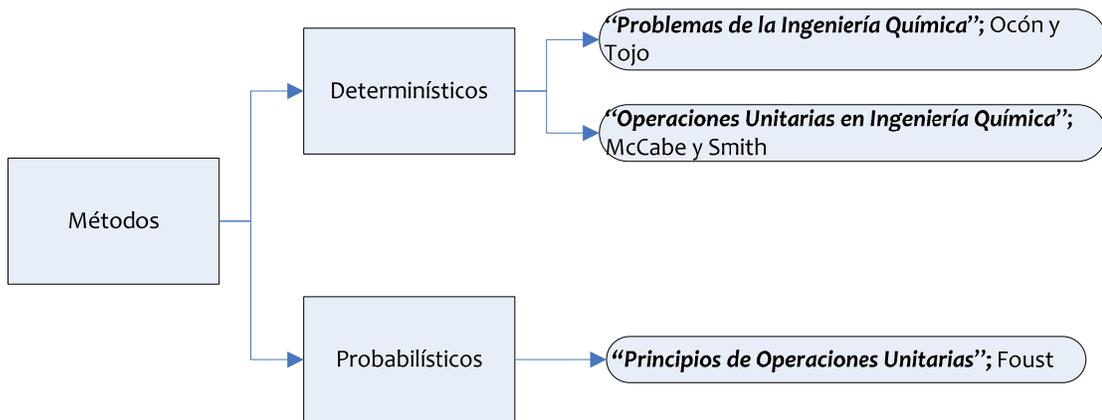
La sección de problemas se divide en:

- Problemas resueltos del tipo determinísticos
 - o Técnicas de Lixiviación (Tomados del libro de problemas de la Ingeniería Química de Ocón y Tojo)
 - Contacto sencillo
 - Diagrama triangular
 - Diagrama rectangular
 - Contacto múltiple en corriente directa
 - Diagrama triangular
 - Diagrama rectangular
 - Contacto múltiple en contracorriente
 - Diagrama triangular
 - Diagrama rectangular
 - Analíticos
 - Método McCabe y Smith
 - Método Baker
 - o Problemas Selectos del Libro de Operaciones Unitarias en Ingeniería Química de McCabe y Smith
- Problemas resueltos del tipo probabilísticos
 - o Métodos numéricos
 - o Problema resuelto libro de Foust.
- Problemas Propuestos
 - o Problemas propuestos del libro de Foust.

En cada uno de ellos se muestra la metodología adecuada para resolución de problemas de manera exitosa, además aquí entra en juego los dos métodos de trabajo que se tienen en lixiviación que son:

- Métodos determinísticos: formados por todos aquellos métodos que se sabe con exactitud los valores de las ecuaciones y las correlaciones a utilizar
- Métodos probabilísticos o estocásticos: integrados por aquellos problemas en los que solo es posible resolverlos a través de métodos de interacción para llegar a una respuesta válida, o bien métodos probabilísticos.

Figura 27. Descripción de los métodos de trabajo mediante la resolución de problemas de libros en Ingeniería Química

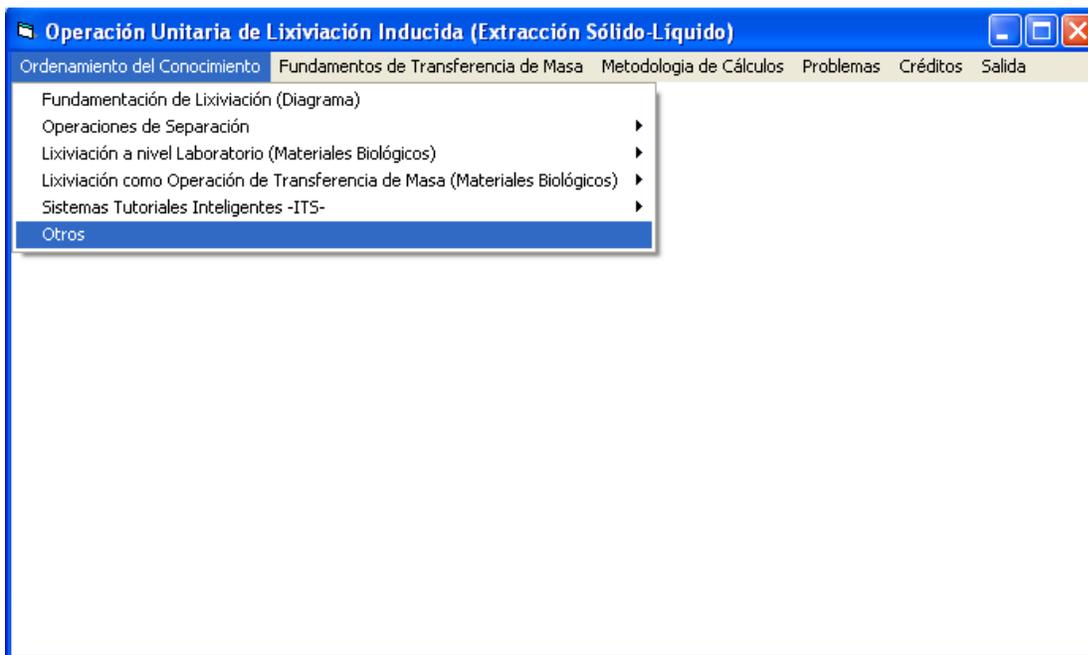


4.4.4 Ordenamiento del conocimiento

La fundamentación teórica de la Lixiviación inducida fue realizada a través de trabajo de campo (procesos / técnicas de laboratorio) y mediante un amplio contenido bibliográfico donde se recolectó información acerca de dicho proceso.

La fundamentación teórica parte del hecho que es más sencillo realizar el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante el diagrama Causa-efecto (Ishikawa) y luego que el estudiante pueda dirigirse a cada uno de los recursos a fin de que él sea partícipe de su enseñanza y que vaya avanzando de acuerdo a su ritmo de aprendizaje. La siguiente figura muestra el menú desplegado en el sistema tutorial inteligente, los submenús corresponden a la fundamentación teórica y la dinámica de aprendizaje por medio de los diagramas.

Figura 28. Descripción del menú de ordenamiento en el Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación



Se encontrará las opciones:

- Fundamentación de Lixiviación (Diagrama de ordenamiento del conocimiento)
- Operaciones de Separación
 - o Diagrama
- Lixiviación a nivel laboratorio de materiales biológicos y metabolitos
 - o Diagrama Causa-Efecto y fundamentación teórica
- Lixiviación como operación de transferencia de masa orientada a materiales biológicos
 - o Diagrama Causa-Efecto y fundamentación teórica
- Sistemas Tutoriales Inteligentes
 - o Diagrama y fundamentación teórica
- Otros (Tablas importantes de Lixiviación de materiales biológicos y metabolitos)

5. MÓDULO INTERFAZ Y SU APLICACIÓN PARA EL ESTUDIO COMPRENSIVO DE LA LIXIVIACIÓN

5.1 Definición

El modelo pedagógico, tutor y la Interfase están ligados ya que no puede existir uno sin el otro, estos modelos son parte del control de calidad en materia educativa que deben de tener los sistemas tutoriales inteligentes, la interfaz está desarrollada en Microsoft Visual Basic 6.0 y se establecen cuatro menús básicos que son parte de la experiencia de una validación presentada a los estudiantes de ingeniería química. Con relación a la andragogía, los métodos utilizados son diagramas que incitan a la mente mediante las habilidades cognitivas y cognoscitivas a pensar las causas que afectan el funcionamiento de determinado proceso.

5.2 Descripción de Microsoft Visual Basic versión 6.0

Visual Basic es la versión del lenguaje de programación BASIC, orientado al sistema operativo Windows con todas sus características (manejo de ventanas y de controles, iconos, gráficos). El lenguaje de programación BASIC es uno de los más sencillos de aprender y por tanto, Visual Basic, es la mejor herramienta para los que quieran iniciarse en la programación.

Visual Basic es una forma de programación basada en objetos u orientada al evento. Al ser Windows un entorno multitarea, varias aplicaciones pueden ejecutarse a la vez (esta es una de las diferencias entre este sistema operativo y otros como MS-DOS); entonces las aplicaciones permanecen a la espera de acciones de parte del usuario, de parte de sí mismas o del sistema operativo para ejecutar una parte de su código y volver al estado de espera. Estas acciones se denominan eventos y el código que se ejecuta son funciones y métodos, todos estos se encuentran dentro de unas entidades llamadas Objetos.

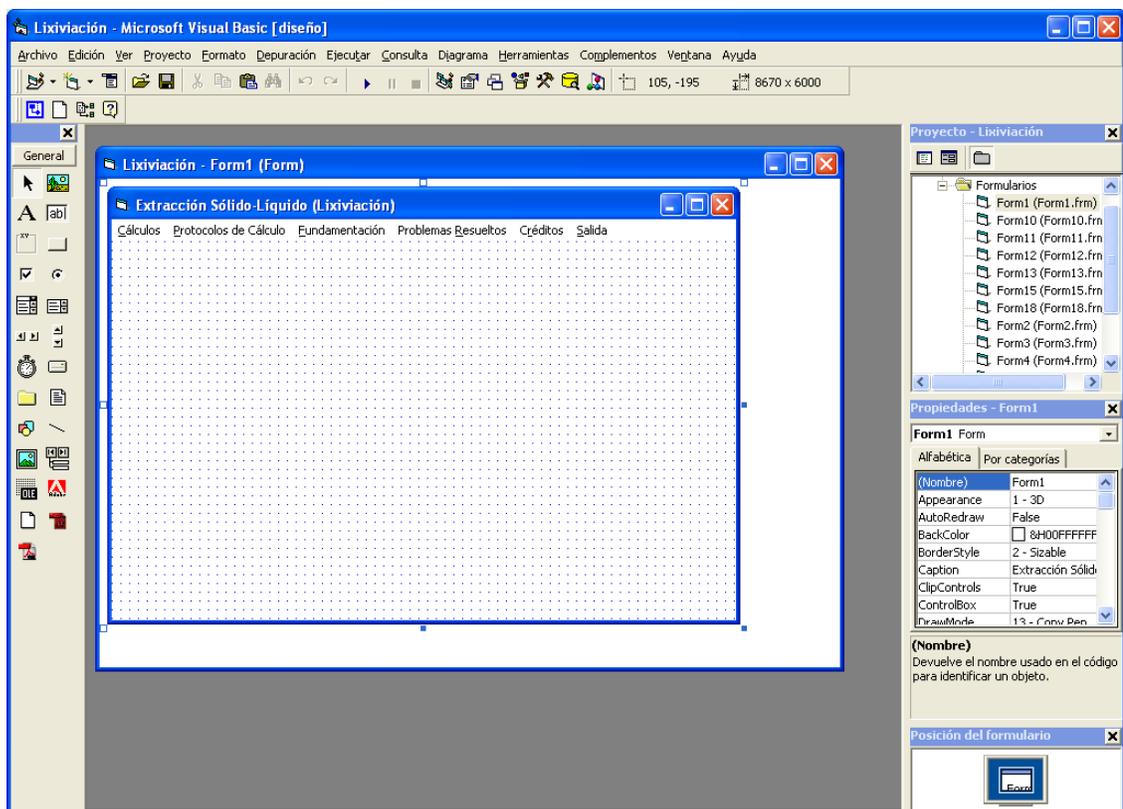
Los objetos son entidades que tienen ciertas características que les dan forma, que ejecutan ciertas acciones y controlan su funcionamiento. Estas características son:

- Las propiedades dan forma a los objetos; definen sus características. Las propiedades pueden ser de lectura, escritura o ambas. Las propiedades de lectura son aquellas que solo puede conocerse su valor pero no cambiarlo. Las de escritura son aquellas que solamente puede cambiarse su valor pero no consultarlo, aunque estas propiedades no son lo más usual. Las propiedades de lectura/escritura pueden tanto consultarse como cambiar su valor.
- Los métodos son tareas que un objeto puede realizar.
- Las funciones son similares a los métodos, con la diferencia de que las funciones tienen un valor de retorno y los métodos no. Este valor de retorno puede ser un número, una cadena de texto, un valor de tipo Verdadero/Falso, e inclusive otro objeto.
- Los eventos son acciones que el usuario o el mismo objeto o el sistema operativo puede efectuar sobre él y que es reconocido por éste.

El entorno de trabajo de Microsoft Visual Basic 6.0 presenta dos modos de trabajo según si se esté diseñando una ventana o se esté escribiendo el código con sus eventos, propiedades, métodos y funciones. Las ventanas con su aspecto se crean en una interfaz gráfica llamada Formulario (El formulario será la ventana de la aplicación cuando ésta se compile. El cuadro de la parte izquierda de la ventana es el Cuadro de Herramientas, con los controles disponibles a colocar sobre el formulario. El cuadro de la derecha es la ventana Propiedades, la que muestra las propiedades del formulario o control seleccionado en el formulario, para cambiarlas La siguiente figura muestra el entorno de trabajo del programa lixiviación en Microsoft Visual Basic 6.0

Figura 29. Entorno de trabajo del programa de Lixiviación en Visual Basic

6.0



5.3 Descripción de Adobe Acrobat versión 7.0

Adobe Reader es un software que permite leer, navegar e imprimir los ficheros de documentos en el formato PDF (Adobe Acrobat), de forma independiente o desde el navegador (Internet Explorer). El PDF es un formato especial permitiendo la visualización y envío de documentos de forma segura. Crear un archivo en PDF desde otra aplicación implica que el documento original permanecerá intacto, reproduciendo textos e imágenes.

Lo que se observa en una computadora es lo mismo que se verá en otra. Acrobat es un producto que se utiliza como sistema de seguridad en el desarrollo de libros electrónicos y documentación importante, ya que resulta imposible modificar archivos PDF una vez que éstos son configurados por el autor. Algunas de las opciones de Adobe Reader son la integración con los navegadores, la mejora de impresión, soporte para documentos extensos, buen manejo del color y una total compatibilidad con todas las versiones previas. Permite reproducir archivos Quicktime, Macromedia Flash y audio/vídeo, s, extraer imágenes de presentaciones creadas con Adobe Photoshop Album, ver diferentes capas en documentos PDF creados para tal efecto, etc.

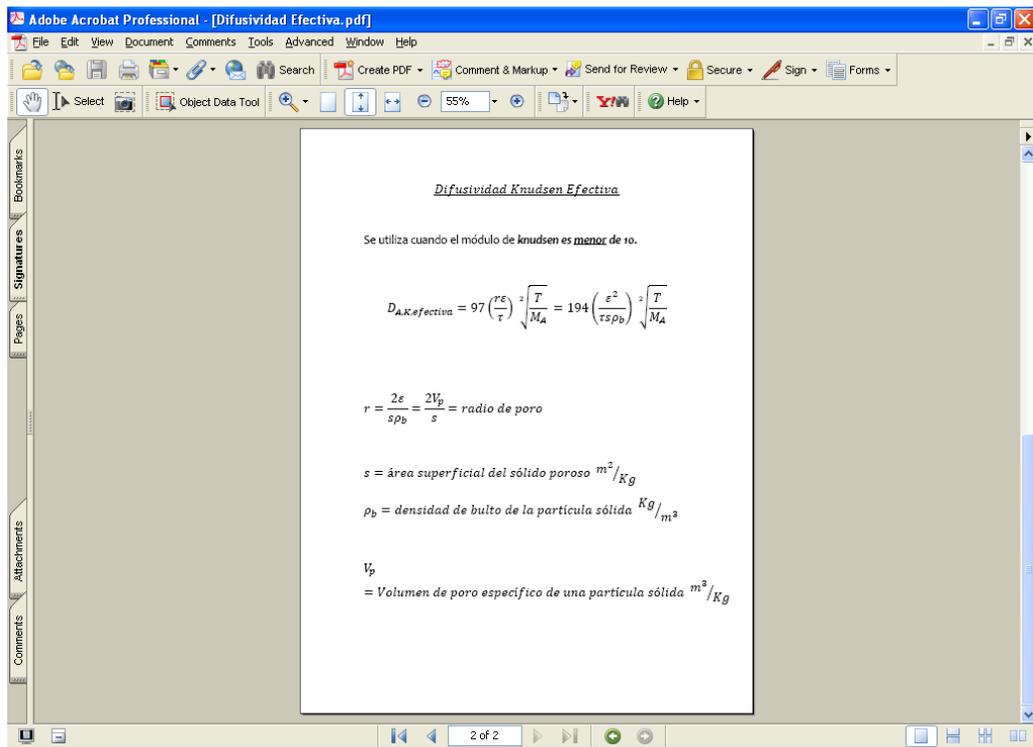
Corresponde a la familia de aplicaciones de la compañía Adobe Systems que permite leer archivos de formato PDF, generalmente usado para libros o presentaciones

Algunas ventajas de la utilización de Adobe Acrobat son:

- Gestión de colores de alto contraste y alta capacidad de zoom
- Accesibilidad y conservación del Formato del Documento
- Acrobat Reader para leer archivos PDF (la mayoría de las computadoras ya traen instalado el programa)
- El fichero no es modificable (a no ser que esa persona tenga el Adobe Acrobat y el PDF no esté encriptado).
- Compresión de Archivos y calidad de imágenes garantizada.

La siguiente figura muestra el entorno típico de la interfaz Adobe Acrobat para leer archivos PDF en el STI de Lixiviación.

Figura 30. Interfaz típica del programa Adobe Acrobat



5.3.1 El Gráfico vectorial

Una imagen vectorial es una imagen digital formada por objetos geométricos independientes (segmentos, polígonos, arcos, etc.), cada uno de ellos definido por distintos atributos matemáticos de forma, de posición, de color y otros. Este formato de imagen es completamente distinto al formato de los gráficos de píxeles, también llamados imágenes matriciales, que están formados por píxeles.

El interés principal de los gráficos vectoriales es poder ampliar el tamaño de una imagen a voluntad sin sufrir el efecto de escalado que sufren los gráficos de píxeles. Asimismo, permiten mover, estirar y retorcer imágenes de manera relativamente sencilla. Su uso también está muy extendido en la generación de imágenes en tres dimensiones tanto dinámicas como estáticas. Todos los ordenadores actuales traducen los gráficos vectoriales a gráficos para poder representarlos en pantalla al estar ésta constituida físicamente por píxeles. Frecuentemente a las imágenes bitmap se las considera formatos algo primitivos, desde un punto de vista conceptual, ya que su forma de almacenar la información en píxeles no permite la misma flexibilidad que se obtiene con una imagen vectorial. Sin embargo las imágenes bitmap presentan ventajas en otras áreas como la fotografía.

Las ventajas de los gráficos vectoriales son:

- Dependiendo de cada caso particular, las imágenes vectoriales pueden requerir menor espacio en disco que un bitmap.

- No pierden calidad. En principio, se puede escalar una imagen vectorial de forma ilimitada. En el caso de las imágenes de píxeles, se alcanza un punto en el que es evidente que la imagen está compuesta por píxeles.
- Los objetos definidos por vectores pueden ser guardados y modificados en el futuro y algunos formatos permiten animación.

Las desventajas de los gráficos vectoriales son:

- Los gráficos vectoriales en general no son aptos para codificar fotografías o vídeos tomados en el "mundo real" (fotografías de la Naturaleza, por ejemplo), aunque algunos formatos admiten una composición mixta (vector mas imagen bitmap).
- Los datos que describen el gráfico vectorial deben ser procesados, es decir, el computador debe ser suficientemente potente para realizar los cálculos necesarios para formar la imagen final.

5.4 Requisitos de la interfaz STI-Lixiviación

Los requisitos de la interfaz (aplicación computacional de Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación) son:

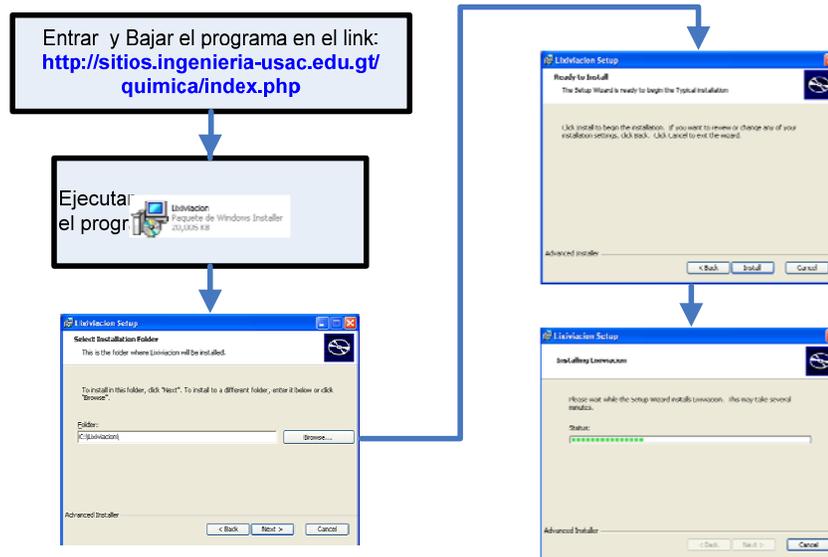
- Procesador: **Pentium 4 o posterior (u otro procesador similar)**
- Espacio en disco duro: **25 MB**
- Memoria RAM mínima: **512 MHz**
- Soporte físico
 - o **CD-ROM**
 - o **Otros (Controlador y conexión USB)**

- Periféricos y Hardware necesarios:
 - o **Impresora y ratón**
 - o **Monitor y tarjeta de vídeo**
- Software necesario: **Adobe Reader (versión 5.0 o posterior)**
- Sistema Operativo: **Windows XP® o posterior**

5.5 Instalación y Desinstalación para aplicación STI Lixiviación

La instalación de programa de STI de lixiviación se realiza con forme la siguiente figura. Para efectuar la desinstalación de la aplicación STI de lixiviación omitir el primer paso y ejecutar nuevamente el instalador donde preguntará si desea eliminarlo definitivamente.

Figura 31. Instalación / Quitar STI de Lixiviación



6. GESTIÓN E INTEGRACIÓN PARA APLICACIÓN DEL STI PARA LA COMPRENSIÓN DE LA LIXIVIACIÓN

6.1 Requisitos

Los requerimientos de Hardware y Software son:

- Procesador: **Pentium 4 o posterior (u otro procesador similar)**
- Espacio en disco duro: **90 MB**
- Memoria RAM mínima: **512 MHz**
- Soporte físico: **CD-ROM, Otros (Controlador y conexión USB)**
- Periféricos y Hardware necesarios: **Impresora, monitor, tarjeta de vídeo, tarjeta de sonido y ratón**
- Software necesario: **Adobe Reader**
- Sistema Operativo: **Windows XP® o posterior**
- Documentación necesaria: **Guía del profesor y Guía del alumno.**
- Versiones anteriores: **ninguna**
- Versiones posteriores: **ninguna**

Los prerrequisitos para el proceso de enseñanza aprendizaje a través del sistema tutorial inteligente de lixiviación son:

- Idiomas: **Español, Inglés (Compresión escrita e idioma técnico de Ingeniería)**
- Nivel educativo: **Universitario**

- Área temática: **Ingeniería Química**
- Modalidad: **Sistema Tutorial Inteligente**
- Base de datos: **incluidos** (Paquete sistema)
- Resolución de problemas: **incluidos en el tutorial**
- Conocimientos previos necesarios (prerrequisitos):
 - Profesor:
 - **Operaciones unitarias**
 - **Fenómenos de transporte**
 - **Fundamentos de transferencia de calor y masa**
 - **Tópicos selectos de transferencia de masa**
 - **Técnicas de innovación educativa**
 - **Desarrollo de *software* educativo**
 - Alumno:
 - **Fundamentos de transferencia de calor**
 - **Fundamentos de transferencia de masa**
 - **Operaciones unitarias de transferencia de masa**
- Uso: **Individual, pequeño grupo, clase, recuperación y perfeccionamiento**

Información General del Programa

- Lenguaje en el que se ha desarrollado:
 - **Microsoft Visual Basic 6.0**
 - **Adobe Acrobat 7.0**
- Descripción del programa: **STI para la Fundamentación Teórica de la Extracción Sólido Líquido mediante diagramas Causa-Efecto utilizando Microsoft Visual Basic 6.0 y Adobe Acrobat vía linking.**

6.2 Diseño y organización de STI de Lixiviación

El sistema tutorial inteligente está diseñado para que su uso sea personalizado, que pueda ser utilizado por un único estudiante en una computadora hasta que se den por finalizadas todas las actividades, o bien debido a que no existe un lineamiento lógico del aprendizaje de la extracción sólido-líquido, interactúe a su capacidad con cada uno de los menús, cuando el estudiante se crea capaz pueda referirse a otra sección del sistema o bien regresar cuando quiera. El diseño del STI está basado en:

- Creación de Interfase a través de Microsoft Visual Basic 6.0
- Hipervínculo (Linking) vía Adobe Acrobat

La creación de la interfase a través de Microsoft Visual Basic 6.0 se basa en el hecho de realizar un sistema que sea capaz de tener el fundamento teórico, utilizarlo cuando el estudiante lo desea y así generar conocimiento a través de una innovación educativa. La vía linking se desarrollo creando documentos variados con diversos grados de complejidad mediante la herramienta Adobe Acrobat; ya que así teniendo la fundamentación teórica en un formato con las características mencionadas anteriormente estimulen al estudiante de ingeniería química a querer aprenden más y cuando crea que no está capacitado para el tema siguiente con toda libertad pueda regresar y hacer uso de los links en los documentos. El sistema tutorial inteligente tiene toda la fundamentación teórica de la lixiviación inducida (extracción solido-líquido) en documentos PDF basados en diagramas Causa-Efecto (*Ishikawa*) y mapas conceptuales que ponen en evidencia, la importancia de dichos diagramas en Ingeniería Química y su aplicación para el éxito del estudio de un tema nuevo.

El acceso a los módulos de aprendizaje es a través de un menú en donde, por el método de despliegue puede verse que contiene cada uno de ellos y su metodología es similar a la utilizada en el ambiente Windows para que le sea fácil al estudiante habituarse al ambiente de trabajo. La siguiente figura muestra la pantalla inicial del programa de extracción sólido-líquido (lixiviación inducida)

Figura 32. Vista Inicial del programa Extracción Sólido-Líquido (Lixiviación)

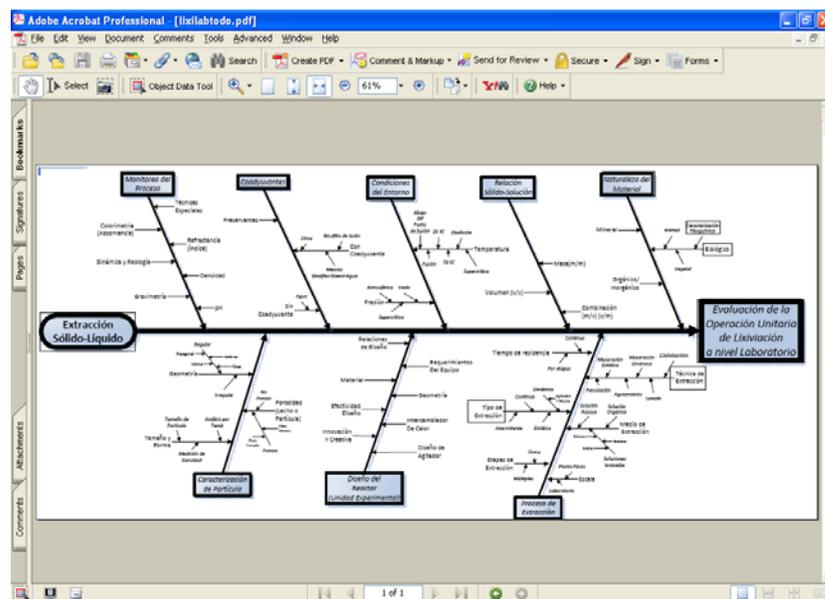


La forma de acceder a este sistema tutorial, es a través del menú que se encuentra dentro de la interfaz principal del programa; el menú contextual funciona como lo hace cualquier otra aplicación de Windows®, el programa siguiendo la funcionalidad y accesibilidad del ambiente mencionado, posee accesos directos a sus menús a través de la letra con que empiezan los menús y la tecla ALT, a continuación se describen los métodos:

- Ordenamiento del Conocimiento: **ALT+O**
- Fundamentos de Transferencia de Masa: **ALT+F**
- Metodología de Cálculos: **ALT+M**
- Problemas: **ALT+P**

Para la interacción vía linking en el programa Adobe Reader, la forma de utilización es a través de las partes que tengan un recuadro y aparecerá el cursor ; esta imagen muestra que existe un link a otro documento PDF para profundizar en el tema seleccionado. Los diagramas Causa-efecto (Ishikawa), son los que tienen links a fundamentos teóricos de la extracción sólido-líquido. La siguiente figura, muestra el diagrama para la optimización de la lixiviación a nivel laboratorio en un documento PDF, se observan los recuadros en algunos tópicos importantes del diagrama.

Figura 33. Diagrama de la optimización de Lixiviación a nivel laboratorio mediante el uso de links en Adobe Reader



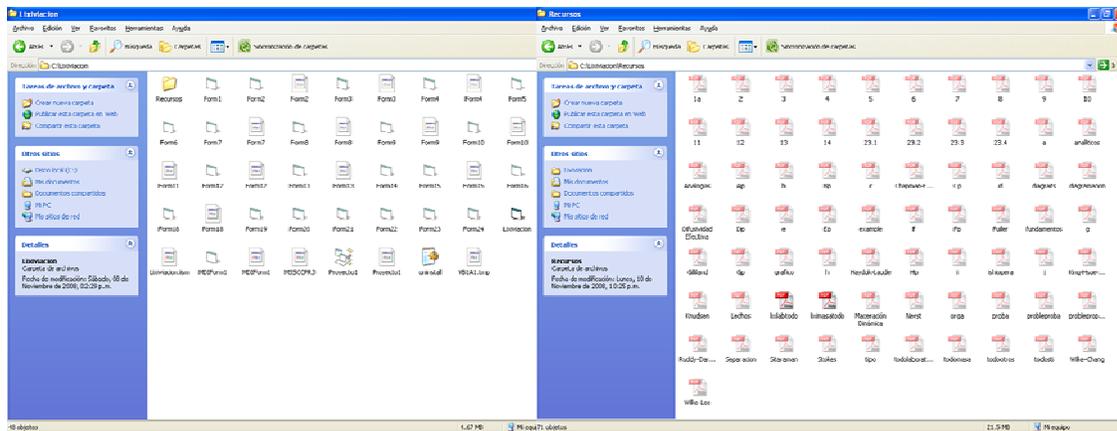
6.3 Recursos de STI de Lixiviación y su modo de empleo

6.3.1 Informáticos

6.3.1.1 Aplicación STI de Lixiviación

La aplicación del STI de Lixiviación está presentada en figuras anteriores, los archivos existentes para el correcto funcionamiento de dicho programa se presentan en las siguientes figuras.

Figura 34. Recursos informáticos de STI de Lixiviación

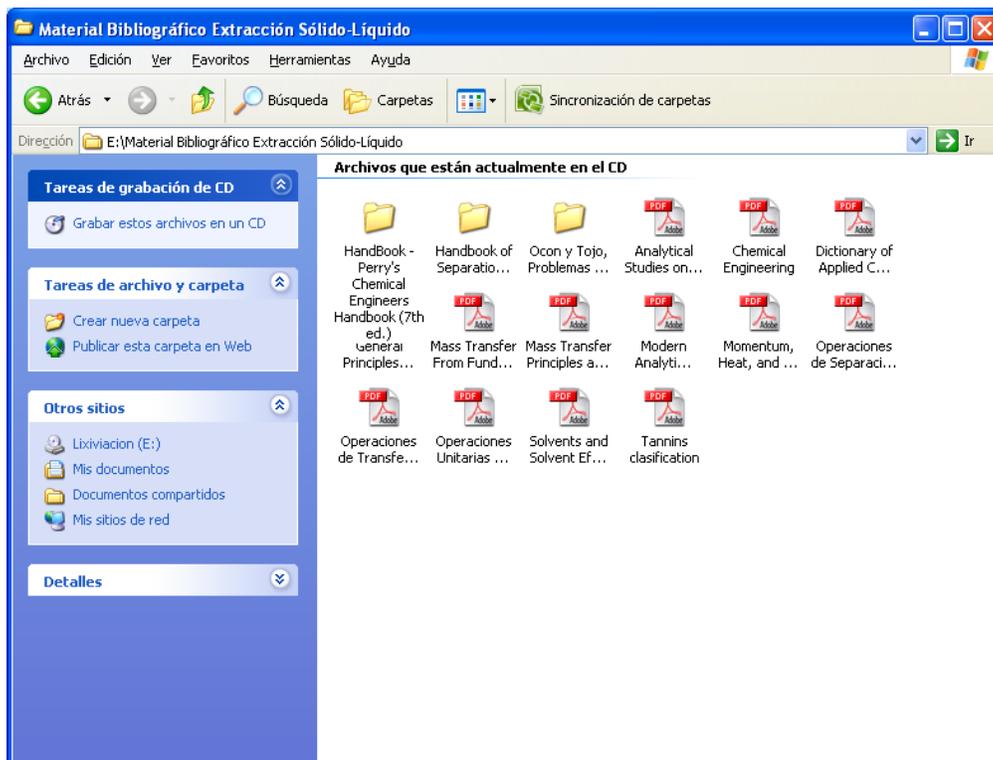


6.3.1.2 Documentación Grabada en Disco tipo CD

Los documentos grabados en el CD, es la bibliografía recolectada a través de internet y que servirá al estudiante de Ingeniería Química para coadyuvarlo al proceso de investigación. La siguiente figura muestra la documentación presentada:

- Documentos de Lixiviación
- Compilación de Videos de experiencias publicadas en internet referentes a la lixiviación

Figura 35. Recursos informáticos de STI de Lixiviación en CD de Información



6.3.1.3 Hipervínculos

Se realizó un levantamiento de vínculos de internet en donde se puede encontrar información relevante acerca de la operación unitaria de lixiviación, a continuación se encuentra una tabla con los resultados más relevantes de la investigación.

Tabla II. Hipervínculos de internet relevantes de la Lixiviación

Tema	URL	Descripción	Idioma
Artículos de Ing. Química	http://www.alcion.es/DOWNLOAD/IQ/IQONLINE.HTM	Artículos de Ing. Química	Español
Biolixiviación	http://www.innovamineriacoquimbo.cl/archivos/biolixiviacion_adjunto.pdf	Trabajo Descriptivo de la Biolixiviación	Español
	http://www.cienciaperu.org/eci2003v/res/mlly.pdf	Presentación Descriptivo de la Biolixiviación	Español
Blog de Ingeniería Química	http://ingqca.blogspot.com	Blog de Ingeniería Química	Español
	http://nanoquimica.awardspace.com/	Blog de Ingeniería Química	Español
	http://ingqca.blogspot.com/2008/05/varioblogs-de-ing-qumica.html	Blog de Ingeniería Química	Español
	http://ing-quimica.blogspot.com/	Blog de Ingeniería Química	Español
Extracción Sólido-Líquido	http://www.gunt.de/download/extraction_spanish.pdf	Definiciones de extracción Sólido-Líquido	Español
	http://www.gunt.de/networks/gunt/sites/s1/mcontent/produktbilder/08363000/Datenblatt/08363000%204.pdf	Equipo de Laboratorio, descripción	Español
	http://www.cibernetia.com/tesis_es/CIENCIAS_TECNOLOGICAS/PROCESOS_TECNOLOGICOS/PROCESOS_DE_EXTRACCION_SOLIDO-LIQUIDO/1	Recopilación de Algunas tesis referentes al tema de universidades latinoamericanas	Español

	http://www.iq.uva.es/separacion/archivos/SkriptumExtraction.pdf	Trabajo Descriptivo de la Extracción Sólido-Líquido	Inglés
	http://www.uctm.edu/journal/j2005-4/Savova.pdf	ENHANCEMENT OF MASS TRANSFER IN SOLID-LIQUID EXTRACTION BY PULSED ELECTRIC FIELD	Inglés
	http://www.upv.es/dtalim/herraweb.htm#VITaller	Desarrollo de herramientas de Cálculo de la Ingeniería en Alimentos	Español
	http://www.ld-didactic.de/ga/6/661/661410/661410s.pdf	Equipo de Laboratorio, descripción	Español
	http://ciencias.udg.es/ciencias/CienciaSens eFronteres/Extraction%20liquid%20liquid.pdf	Equipo de Laboratorio, descripción	Español
	http://www.cheresources.com/extraction.shtml	Fundamentos de Extracción	Inglés
	http://www.montes.upm.es/Dptos/DptoIngF orestal/OperacionesBasicas/Docencia/PDF/O pBas%20pdf/Tema%207.pdf	Trabajo Descriptivo de la Extracción Sólido-Líquido	Español
	http://www.uctm.edu/journal/j2006-4/12-E_Simeonov-445-448.pdf	PROCESS CONTROL AND ESTIMATION OF MULTISTAGE EXTRACTION USING CHARACTERISTIC FUNCTION APPROACH	Inglés
	http://d.web.umkc.edu/drewa/Chem321L/Ha ndouts/Extraction_part3_FS07_v1.pdf	Solid-Liquid Extraction: Trimyrustin from Nutmeg	Inglés
Libros de Ingeniería Química	http://librosdeiq.wordpress.com/	Libros de Ingeniería Química	Español
	http://librosdeiq.com/	Libros de Ingeniería Química	Español
	http://www.nap.edu/	Libros de Ingeniería Química	Inglés
	http://www.archive.org/details/HandbookOfC hemicalEngineeringI	Libros de Ingeniería Química	Inglés
Lixiviación	http://es.wikipedia.org/wiki/Lixiviaci%C3%B3n	Definición de Lixiviación	Español
	http://www.confiep.org.pe/facipub/upload/pu blicaciones/1/1152/la_lixiviacion_snmpe.pdf	Artículo de la Sociedad de Minería Petróleo y Energía	Español

	http://www.lixiviacion.com/pagina/lixiviacion-definicion	Trabajo Descriptivo de Lixiviación, Biolixiviación	Español
	http://html.rincondelvago.com/lixiviacion.html	Trabajo Descriptivo de Lixiviación	Español
	http://www.lenntech.com/chemistry/Lixiviation.htm	Definiciones de Procesos de Lixiviación	Inglés
Operaciones Unitarias Virtual	http://www.che.ttu.edu/vuol/	Operaciones Unitarias Virtual	Inglés
Percolación	http://es.wikipedia.org/wiki/Percolaci%C3%B3n	Trabajo Descriptivo de la Percolación	Español
Recursos de Ingeniería Química	http://www.chemx3.com/	Recursos de Ingeniería Química	Español
	http://www.ingenieriaquimica.org/	Recursos de Ingeniería Química	Español
Simulación en Ingeniería Química, Tópicos de Biología y Transporte Celular	http://www.phschool.com/science/biology_lab/labbench/lab1/concepts.html	El Lugar de la Biología	Inglés
	http://www.wiley.com/college/pratt/0471393878/student/animations/membrane_transport/index.html	Membranas y Transporte	Inglés
	http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBooktransp.html	Transporte en Materiales Biológicos	Inglés
	http://ull.chemistry.uakron.edu/genobc/animations/index.html	Bioquímica y Química Orgánica	Inglés
	http://iws.ccccd.edu/rorr/biology_1406.htm	Biología en General y Fenómenos de Transporte	Inglés
Software de Ingeniería Química	http://www.freedownloadmanager.org/es/downloads/qu%C3%ADmica_gratis/	Software de Ingeniería Química	Inglés
Sistemas Tutoriales Inteligentes e Innovación educativa	http://iacat.com/	Instituto Avanzado de Creatividad aplicada total	Español
	http://www.cse.msu.edu/rgroups/cse101/ITS/its.htm	Enseñanza Asistida por Ordenador	Inglés
	http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1817-83912006000100003&script=sci_arttext	Software Educativo	Español

Fuente: David Alejandro Reynoso Revolorio

6.3.2 Impresos

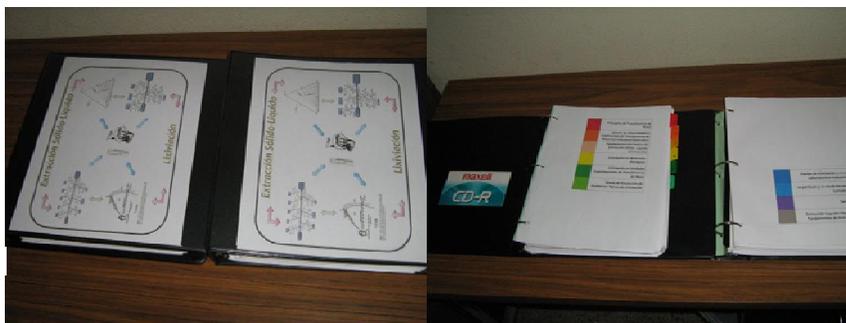
6.3.2.1 Cartapacio de Información

Corresponde a la información que forma parte del módulo de estudiante en forma impresa del STI de lixiviación para ayudar al estudiante en el proceso de investigación; en dichos cartapacios se encontrará información del tipo:

- Fundamentos de transferencia de masa y cálculos de difusión
- Fundamentación teórica de la Lixiviación inducida
- Lixiviación en materiales biológicos
- Lixiviación en unidades experimentales de transferencia de masa
- Teoría de la resolución de problemas de Lixiviación y equipo de Lixiviación
- Fundamentos de la Lixiviación inducida, taninos y Lechos empacados
- Extracción líquido-líquido

La siguiente figura muestra una fotografía de dichos cartapacios que se quedarán en la Escuela de Ingeniería Química para futuras revisiones.

Figura 36. Recursos impresos de STI de Lixiviación



6.3.2.2 Antecedentes Escuela de Ingeniería Química de Lixiviación

Los antecedentes en la escuela de Ingeniería Química pueden resumirse en la siguiente tabla.

Tabla III. Antecedentes de Lixiviación en la Escuela de Ingeniería Química.

Autor	Nombre	Año
Domínguez Monterroso, Augusto Alberto	Extracción de los pigmentos colorantes del tipo xantofilas contenidos en la flor erecta (Marigold)	1987
Rodríguez Coronado, Juan José	Determinación de una combinación de variables apropiadas : en la extracción del aceite de la hoja de eucalipto a partir de la evaluación de métodos de extracción convencional	1993
Cardona Cabrera, Carlos Alberto	Evaluación del proceso de blanqueo de la cera de arrayan (<i>Myrica cerifera</i> L.) en suspensión con hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) a diferentes concentraciones y valores de pH	1994
Mérida Noriega, Leo Amado	Determinación del conjunto de variables, apropiadas para el proceso de extracción de aceite de pulpa de aguacate con solventes, a partir de pruebas a nivel de laboratorio y a nivel de planta piloto	1994
Specher De León, Augusto	Estudio de la extracción de divi-divi para uso industrial en Guatemala	1994
Reyes Barrera, Ruth Emilsa	Extracción de aceite esencial de la semilla de ambrette (<i>hibiscus abelmoschus</i> , linn) por medio de éter etílico variando el tiempo de agitación y la cantidad de semilla molida a un volumen constante de 100 ml	1996
Monzón Valdez, Víctor Manuel	Evaluación del proceso de blanqueo de la cera del fruto del árbol de arrayán (<i>Myrica cerifera lindeniiana</i>), : a $\text{pH} = 5$ y diferentes concentraciones de hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{OCl})_2$	1996
Lanza Galindo, Jorge Mario	Optimización del tiempo de lavado en el proceso de extracción de bixina con álcali a partir de semillas de achiote (<i>Bixa orellana</i>) de diferente maduración	1997
Pérez Cardoza, Gerson Haroldo	Evaluación de la influencia de la temperatura y el tiempo de proceso en el blanqueo de la cera de arrayan (<i>Myrica cerifera lindeliiana</i>) : -A nivel de laboratorio- por mezcla del material crudo fundido, con hipoclorito de calcio dihidratado..	1998
Monzón Castellanos, Ronald Giovani	Determinación del rendimiento de aceite esencial de hoja de naranja agria (<i>citrus aurantium</i>) en función del tamaño de partícula y el tamaño de muestra obtenido por medio del proceso de arrastre con vapor	1998
Corea Ochoa, Jaime Roberto	Determinación del conjunto de parámetros adecuados a la extracción del aceite de la semilla de mango a partir de datos experimentales a nivel de laboratorio	1999
Chanquín Jocol, Nelson Emilio	Comparación del rendimiento de aceite esencial de <i>Lippia alba</i> en el laboratorio con el extraído en la planta piloto y propuesta de escalonamiento a nivel industrial	1999
Sandoval Arana, Jonathan Iván	Evaluación del rendimiento en la extracción de aceite esencial de la hoja de orégano (<i>Lippia graveolens</i>), variando el tamaño de muestra y aplicando los métodos de arrastre con vapor e hidrodestilación a nivel laboratorio	1999
Akú Ramírez, Ingrid Liliana	Evaluación del contenido tánico en la corteza de dos especies forestales guatemaltecas, Mangle Colorado (<i>Rhizophora mangle</i>) y Pino blanco (<i>Pinus ayacahuite</i>), por medio de dos métodos de extracción	2000

Donado Miranda, Marco Antonio	Extracción de carotenoides de la caléndula (<i>Calendula officinalis</i> L.) para su utilización como colorante natural en productos para consumo humano	2000
Paredes González, Ingrid Betzabé	Determinación del porcentaje de alcaloides presentes en la planta <i>Datura stramonium</i> y optimización del método de extracción con etanol	2001
Hernández Aguilar, Diego Omar	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los concretos y cera refinada, obtenidos del fruto de Arrayán (<i>Myrica Cerifera</i> L.) mediante la extracción con solventes orgánicos (Etanol y Hexano) y agua. (recolectados de los bosques naturales del área nor-central de Guatemala)	2003
Del Cid Vásquez, Henry Estuardo	Extracción, a nivel de laboratorio de los pigmentos colorantes del tipo flavonoides contenidos en la flor del subín (<i>Acacia farnesiana</i> L. Willd) proveniente de un bosque silvestre guatemalteco	2004
Equité de León, Madeleine Walleska	Determinación del contenido de taninos en el extracto tánico de la corteza de melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.), utilizando dos métodos de extracción a nivel de laboratorio	2004
Recinos Mendoza, Gustavo Adolfo	Evaluación del rendimiento de concretos obtenidos en la secuencia extractiva por lixiviación mediante técnica soxhlet con tres solventes (hexano, etanol y agua) a partir de frutos de arrayán (<i>Myrica cerifera</i> L.) recolectados de los bosques naturales del área nor-central de Guatemala	2004
Gómez Orozco, Edson Daniel	Comparación del porcentaje de extracto tánico de la corteza y madera de encino (<i>Quercus tristic</i> Liebm) proveniente de un bosque natural	2004
Miranda Moscoso, Alvaro Esaú	Estudio de la saponificación de la cera del arrayán (<i>Myrica Cerifera</i> L.) evaluando el álcali alternativo ceniza de leña de encino respecto al carbonato de potasio (K_2CO_3)	2004
Fuentes Fuentes, Ana Patricia	Evaluación del rendimiento y calidad de aceite esencial crudo de tomillo (<i>thymus vulgaris</i> L.) : cultivado en Chaquijá, Sololá extraído a nivel laboratorio y planta piloto	2005
Tol Hernández, Vilma Lisseth	Comparación de la calidad del aceite esencial crudo de citronela (<i>Cymbopogon Winteriana</i> Jowitt) en función de la concentración de geraniol obtenido por medio de extracción por arrastre con vapor y maceración	2005
Cobos García, Darcy Humberto	Evaluación del rendimiento del aceite esencial de clavo (<i>Syzygium aromaticum</i>) en función del tiempo de extracción por el método de arrastre con vapor de agua a nivel de planta piloto	2002
Hernández López, Mischael	Comparación de los rendimientos de los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor directo aplicando maceración a nivel de planta piloto, en la extracción de aceite esencial de Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i> L.) en fresco	2002
Hernández Yela, Diana	Comparación del rendimiento del aceite esencial de la <i>Matricaria courrantiana</i> (N.C. Manzanilla) y la <i>Matricaria recutita</i> (N.C. Manzanilla), cultivadas en el departamento de Sololá; obtenido por los métodos de hidrodestilación y maceración	2002
Mendoza Castellanos, Manuel Eduardo	Comparación del rendimiento y caracterización del aceite esencial del té de limón (N. Científico <i>Cymbopogon citratus</i>), aplicando el método de hidrodestilación	2002
Pernilla de León, María de los Angeles	Extracción y determinación del rendimiento de aceite esencial de <i>Ocimum basilicum</i> (Albahaca) en función de la estación de recolección y del tamaño de lote obtenidos por medio de arrastre con vapor a nivel laboratorio	2002
Ruiz Valenzuela, Vivianne Patricia	Evaluación del rendimiento de extracción de aceite esencial de cardamomo a partir de semilla de <i>Elettaria cardamomum</i> de tres calidades distintas cultivadas en el departamento de Suchitepéquez	2002
Suchini Leytán, José Manuel	Comparación de rendimientos de dos métodos de extracción de taninos (Ácido pinutánico), a partir de la corteza del pino caribe (<i>Pinus caribaea</i>) a nivel de laboratorio	2002
Valiente Mazariegos, Werner Ottoniel	Evaluación del rendimiento de aceite esencial de pericón (<i>Tagetes lucida</i> Cav.) procedente de tres niveles altitudinales de Guatemala	2003
Vides Quiñonez, Tito Estuardo	Obtención y caracterización de oleoresina de clavo (<i>Eugenia caryophyllata</i> , Thunb), cultivado en Guatemala, a nivel planta piloto	2005
Villela Rodas, César Ariel	Tamizaje fitoquímico del fruto del árbol de la <i>Sapindus saponaria</i> (jaboncillo), identificando las principales familias de metabolitos secundarios, en muestras provenientes de Cunén, departamento del Quiché, Guatemala	2005
Guerra Corado, Alvaro Enrique	Obtención, caracterización y evaluación de las propiedades físico-químicas de los extractos fluidos, blandos y secos así como las tinturas del rizoma y de la fronda de calahuala (<i>phlebodium pseudoaureum</i>) a nivel de laboratorio	2005

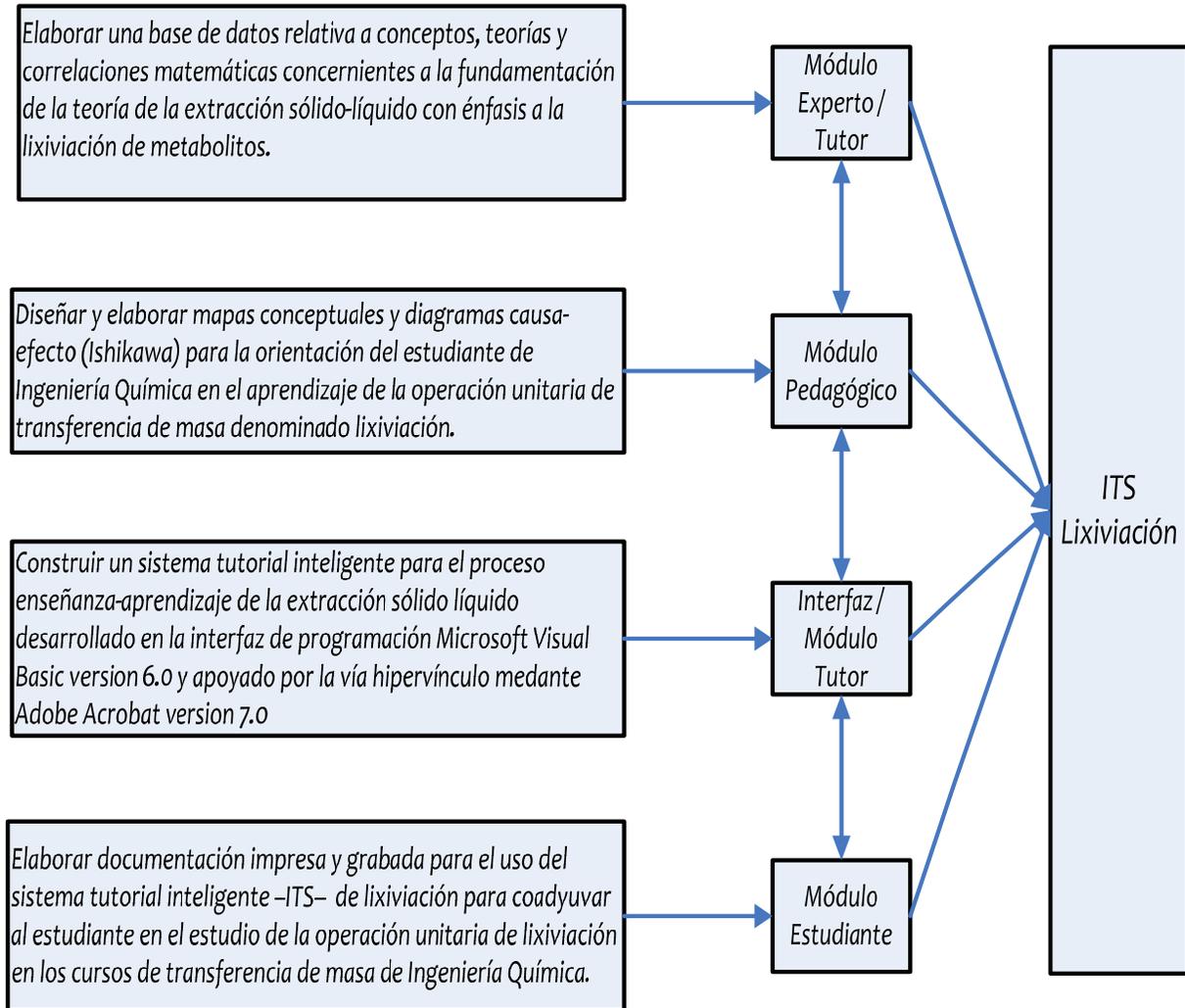
Rodríguez Andrade, Herminio Cupertino	Evaluación del rendimiento de aceite esencial del rizoma de jengibre (<i>Zingiber officinale</i> Roscoe) seco y molido	2006
Morales de León, Claudia Annelize	Caracterización de extracto y tintura de macuy (<i>Solanum americanum</i> Miller) como antifúngico contra la <i>Candida albicans</i> / Claudia Annelize Morales de León.--	2006
Deulofeu Gabriel, Nora Matilde	Determinación del rendimiento de la oleoresina de tres distintas clases de cardamomo (<i>Elattaria cardamomun</i> Maton) cultivado en Alta Verapaz, extraída por maceración dinámica y dos solventes distintos, a nivel laboratorio	2006
Santos Carrillo, Marlon Alberto	Evaluación del rendimiento de aceite esencial de hinojo (<i>Foeniculum vulgare</i> Miller) procedente de dos niveles altitudinales de Guatemala	2006
Hidalgo Mauricio, Gustavo Adolfo	Determinación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial crudo de la hoja de higo (<i>Ficus carica</i> L.), extraído a nivel de planta piloto	2006
Luna Zuñiga, Glenda Rocío	Análisis fisicoquímico y evaluación del rendimiento de extracción del aceite de semilla de morro (<i>Crescentia alata</i> HBK) proveniente de las regiones de Estandzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso / Glenda Rocío Luna Zuñiga. --	2007
Calderón Guevara, Mario Roberto	Extracción y caracterización fisicoquímica del extracto colorante de la corteza de aliso común (<i>Alnus jorullensis</i> Humboldt, Bonpland & Kunth), proveniente de San Lucas Sacatepéquez, Guatemala	2007
Escobar Robles, Carla Sofía	Estandarización de dos extractos del rizoma de la planta zarzaparrilla (<i>Similax domingensis</i>), proveniente de Santa Rosa, para desarrollo fitofarmacéutico a nivel de laboratorio, utilizando la extracción por percolación de lecho estático con 24 horas	2007
Alvarado Pineda, Glendy Rocío	Determinación del rendimiento del aceite esencial de las flores de manzanilla (<i>Matricaria recutita</i> L.) en función de la altura sobre el nivel del mar en que está cultivada, aplicando el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio	2007
Ramírez Ovalle, Lourdes María	Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino Antigua obtenido por el proceso de prensado	2008
Mérida Meré, Mario José	Extracción y caracterización fisicoquímica del tinte natural obtenido del exocarpo del coco (cocos nucifera), como aprovechamiento del desecho de fuentes comerciales	2008
Quezada Rodríguez, Aldo Enrique	Evaluación del rendimiento de extracción del aceite esencial crudo de orégano (<i>Lippia graveolens</i>) proveniente de dos zonas de distinta altitud, por medio del método de arrastre de vapor a nivel planta piloto / Aldo Enrique Quezada Rodríguez	2008
Guerrero Gutiérrez, Edward Mario Augusto	Lixiviación parametrizada y caracterización fisicoquímica a nivel laboratorio del extracto colorante de la corteza del quebracho (<i>Lysiloma auritum</i> (Schltdl) Benth) proveniente de Jocotán, Chiquimula	2008
Méndez Marroquín, Ginger Kim Elinor Starlinght	Evaluación técnica a nivel planta piloto para la refinación de arcillas, mediante lixiviación de hierro con ácido sulfúrico, a partir de hematita proveniente de la mina "Quebrada María", Camotán, Chiquimula	2008
Soto Pivaral, Mónica Sarai	Estudio técnico a nivel planta piloto para la extracción de hierro (III) - $Fe_2(SO_4)_3$ -, por lixiviación con ácido sulfúrico a partir de hematita proveniente de la mina Quebrada María, Camotán, Chiquimula	2008

Fuente: David Alejandro Reynoso Revolorio

6.4 Integración de STI de Lixiviación

La integración de los objetivos del trabajo de graduación se puede analizar mediante la siguiente figura.

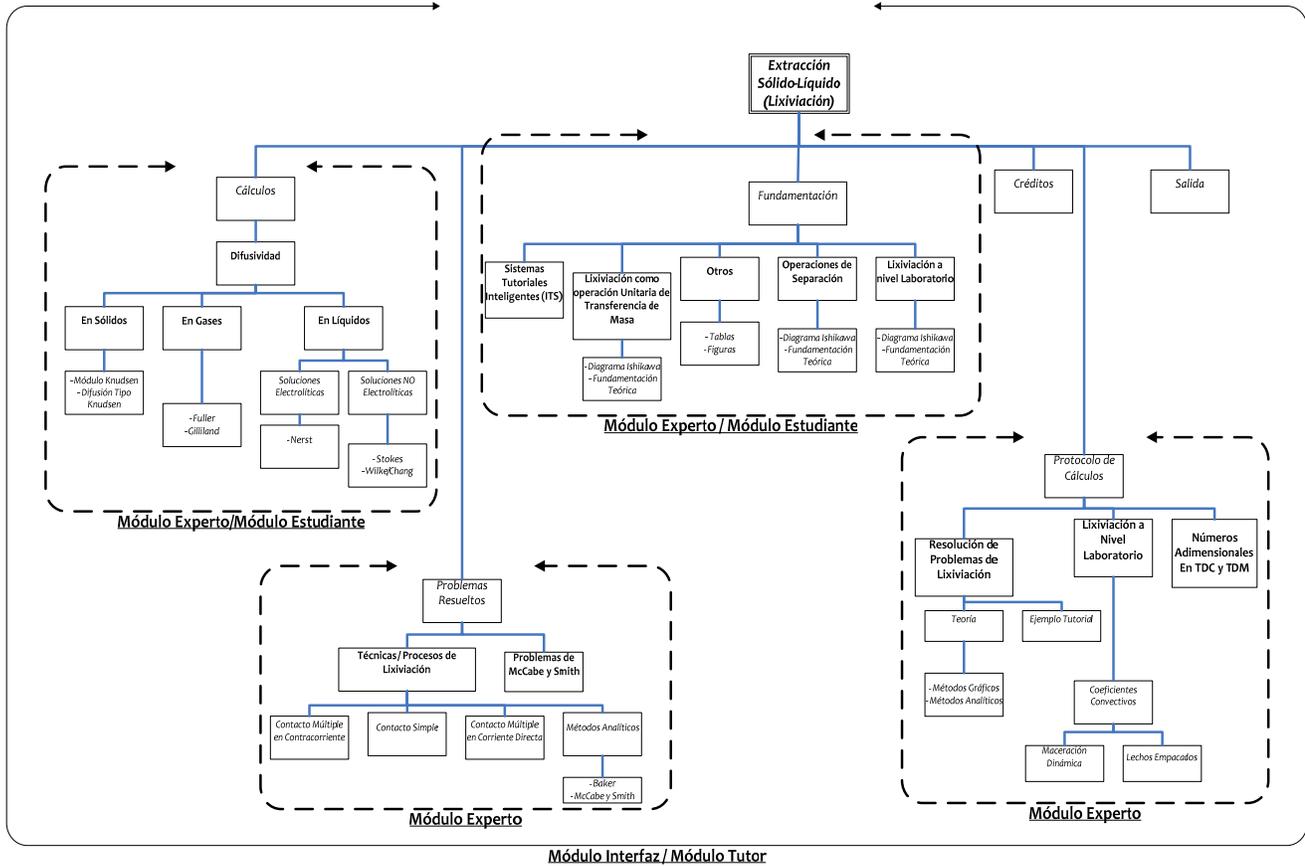
Figura 37. Integración de objetivos de trabajo de graduación con STI de Lixiviación



Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

La organización y jerarquía de los módulos del STI-Lixiviación pueden observarse en la siguiente gráfica

Figura 36. Organización de STI de Lixiviación



Fuente: David Alejandro Reynoso Revolorio

La figura anterior muestra de una forma detallada la organización de los menús utilizados por el STI-Lixiviación para el proceso de enseñanza aprendizaje de la Lixiviación. Además muestra cómo interactúan los módulos del sistema tutorial inteligente para formar una dinámica de aprendizaje apoyado por una matriz de planificación previa.

6.5 Evaluación descriptiva de STI de Lixiviación

Se realizó una evaluación previa del sistema tutorial inteligente de lixiviación para analizar aspectos relevantes de errores gramaticales, ortográficos, etc. La siguiente tabla muestra el instrumento de evaluación presentado.

Tabla IV. Instrumento de evaluación previo a la evaluación descriptiva

	Si	No	NS/ NR	TOTAL
El programa es útil para la enseñanza de la lixiviación	15	5		20
La enseñanza está integrada con la experiencia en tópicos de TDM	12	3		15
El contenido es adecuado para alumnos de IQ	11	4		15
El contenido es preciso	12	2	1	15
El contenido es actual	10	1	4	15
El contenido tiene calidad técnica	9	2	4	15
La información se aplica a otras áreas temáticas	11	2	1	14
El contenido tiene errores ortográficos, gramaticales	13	2		15
Se proporcionan definiciones	15			15
Los prerrequisitos son los necesarios	12	2	1	15
La aplicación es adecuada de acuerdo a los objetivos	13		2	15
Tiene enfoque pedagógico	14	1		15
Contiene Múltiples niveles de enseñanza	15			15
El formato es variado y su interfaz buena	11	4		15
El estudiante es participante activo de su proceso de enseñanza	15			15
El programa fomenta la creatividad	13	2		15
El programa fomenta el cooperativismo	12	1	2	15
Existe innovación educativa	11	3	1	15
El programa permite tomar decisiones	13	1	1	15
Se puede modificar el programa		15		15
El programa simula situaciones de TDM		15		15
Las explicaciones son claras	13	2		15
El programa ofrece ayuda y/o documentación, manuales	14		1	15
La tecnología usada es la más adecuada	10	5		15

La presentación y secuencia de la información es lógica	12	1	2	15
El programa no tiene errores de ejecución:	15			15
El programa indica con claridad si está esperando una respuesta y de qué tipo:	15			15
Está previsto que el programa no se pueda abortar por uso indebido de las teclas	15			15
Se puede salir del programa sin completarlo	15			15
El programa puede utilizarse en cualquier momento	15			15
Es de lectura fácil para el nivel de los alumnos a los que va dirigido	11	4		15
Es autoexplicativo	10	2	3	15
Permite la elección fácil de opciones, por medio de "menús" claros y bien presentados	13	1	1	15
El alumno puede acceder libremente a las distintas partes del programa	15			15
El alumno puede cambiar los niveles de dificultad del programa (programación)		15		15

Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

6.5.1 Instrumento de evaluación

El instrumento de evaluación que se utilizará para medir el grado de satisfacción que se tenga con el STI-Lixiviación se muestra a continuación. Las entrevistas se realizaron vía e-mail con profesionales de la ingeniería química de Guatemala.

Tabla V. Instrumento de evaluación del STI de Lixiviación

		SI	NO
1	¿El STI de Lixiviación es útil para la enseñanza y aprendizaje de la lixiviación?	10	0
2	¿La enseñanza del STI de Lixiviación está integrada con la experiencia en tópicos de Transferencia de Masa?	10	0
3	¿El contenido es adecuado para alumnos de la Licenciatura en Ingeniería Química?	7	3
4	¿El STI es adecuado para el estudio de Transferencia de Masa?	7	3
5	¿El contenido del STI de Lixiviación es preciso y actual?	10	0
6	¿El contenido del STI de Lixiviación tiene calidad técnica y educativa?	10	0

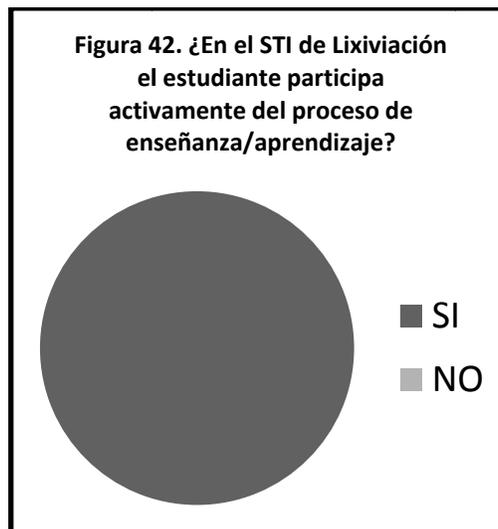
7	¿La presentación y secuencia de la información del STI de Lixiviación es lógica y Ordenada?	10	0
8	¿En el STI de Lixiviación son proporcionadas definiciones?	10	0
9	¿Los prerrequisitos del STI de Lixiviación son los necesarios?	10	0
10	¿En el STI de Lixiviación el estudiante participa activamente del proceso de enseñanza/aprendizaje?	10	0
11	¿El STI de Lixiviación fomenta la creatividad y la innovación educativa?	10	0
12	¿El STI de Lixiviación es de lectura fácil para el nivel de los alumnos a los que va dirigido (estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería Química)?	7	3
13	¿El STI de Lixiviación, permite la elección fácil de opciones, por medio de menús claros y bien presentados?	10	0
14	¿El estudiante en el STI de Lixiviación, puede acceder libremente a las distintas partes del programa?	10	0
15	¿Fue beneficioso y llenó sus expectativas el STI de Lixiviación?	10	10

Fuente: Ing. César Alfonso García Guerra y David Alejandro Reynoso Revolorio

6.5.2 Gráficos de evaluación descriptiva

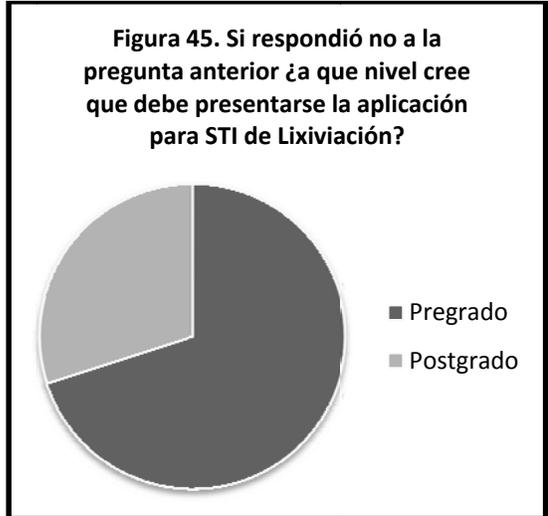
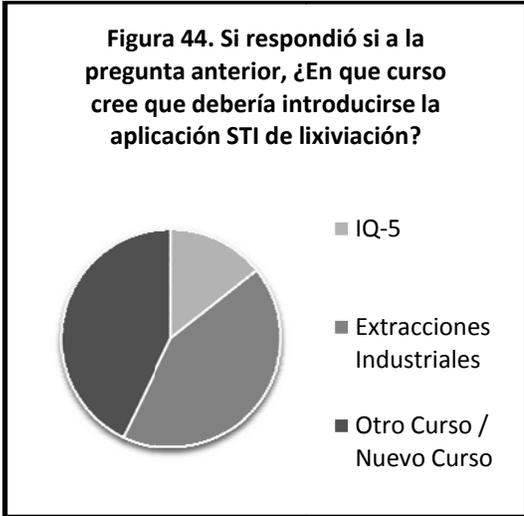
Las respuestas a la evaluación descriptiva, se muestran a continuación y se han agrupado de acuerdo a las siguientes relaciones:

- Medición descriptiva del proceso enseñanza-aprendizaje
- Medición de la adecuación de la aplicación para STI de Lixiviación dentro del currículo de la Licenciatura en Ingeniería Química
- Medición descriptiva de la percepción general de la aplicación para STI de Lixiviación



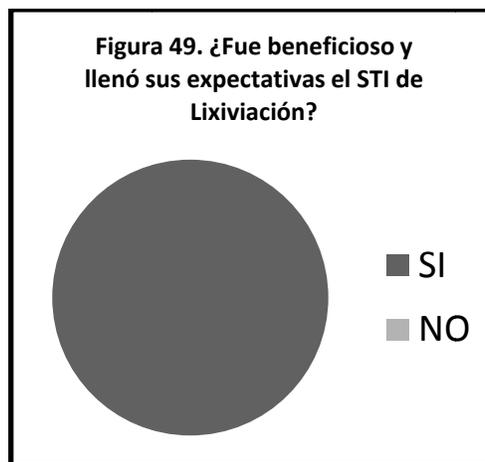
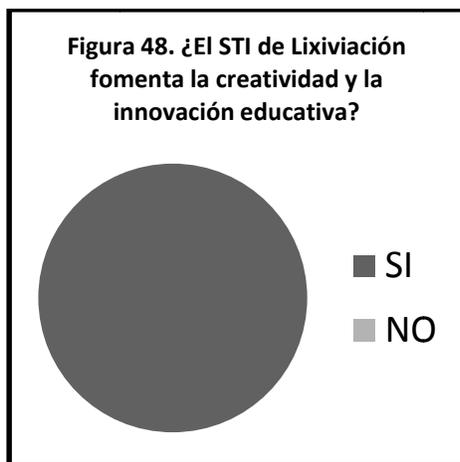
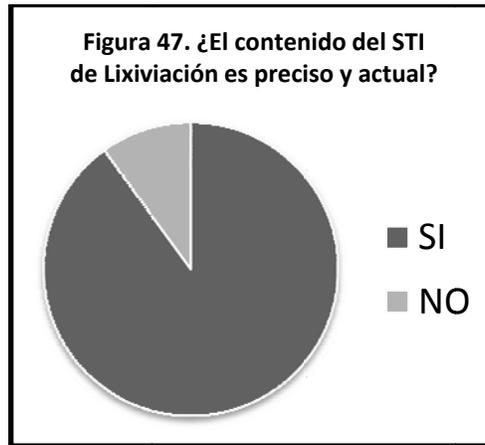
Fuente: Tabla V

Las figuras 37-40 corresponden a la medición descriptiva del proceso de enseñanza-aprendizaje, y se puede observar que casi todas las preguntas realizadas a profesionales de la Ingeniería Química corresponden a que efectivamente se da una descripción y metodología diferente para abordar el tema de la lixiviación en Ingeniería Química; además se logró mejorar la experiencia de la aplicación mediante los módulos de estudiante impresos y grabados en CD.



Fuente: Tabla V

Las figuras 41, 42 y 43 son vitales para la Escuela de Ingeniería Química debido a que la figura 42 muestra claramente que debe de analizarse la creación de una unidad específica en el Curso de Extracciones Industriales dedicada a la Lixiviación, además debido al contenido referente a transferencia de masa aplicado; los profesionales de ingeniería química se mostraron reuentes de aplicarlo en su totalidad a nivel de licenciatura en Ingeniería química ya que los estudiantes no tienen las suficientes bases de matemática aplicada y tópicos avanzados de transferencia de masa para desempeñarse exitosamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.



Fuente: Tabla V

Las figuras anteriores, muestran en si la calidad del servicio que se está brindando al estudiante, ya que son preguntas del tipo personal que evocan a la relación de sentirse satisfecho con el tutorial. La gráfica 46 muestra que el ITS de Lixiviación es útil para la enseñanza y aprendizaje de la lixiviación, en la gráfica 47 solo un pequeño porcentaje muestra que el contenido presentado de manera didáctica y ordenada (gráfico #41) encuentra que el ITS de lixiviación es poco preciso y no actual, pero una gran mayoría muestra lo contrario. La figura 48 indica que el ITS de Lixiviación fomenta la innovación educativa en Ingeniería Química. La última figura indica que la satisfacción acerca de la experiencia del método de enseñanza-aprendizaje por medio del ITS de Lixiviación fue totalmente satisfactoria.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 Aplicación computacional para la Comprensión de la Lixiviación, mediante un Sistema Tutorial Inteligente

La aplicación computacional del sistema tutorial inteligente STI de lixiviación fue creada en el programa Microsoft Visual Basic en su versión 6.0, la creación de menús pasó por una serie de pruebas y nombres mediante la ayuda de estudiantes de Ingeniería Química. El código fue realizado en dicho lenguaje y para su vinculación con Adobe Acrobat 7.0 se utilizaron recursos especiales para poder realizar las conexiones en el programa.

Los menús de la aplicación computacional fueron divididos en los siguientes:

- Ordenamiento del Conocimiento: Este menú forma parte del logro más importante del STI de Lixiviación, ya que por primera vez a través de distintos diagramas se realiza el proceso de enseñanza-aprendizaje de la operación unitaria de Lixiviación y se ordena la relación Lixiviación/Extracción sólido-líquido, para que el estudiante de Ingeniería Química pueda referirse a que la extracción sólido líquido, forma parte de la lixiviación y que dicha operación unitaria es subdividida en natural y forzada gobernada por los fenómenos de transporte. Además se realizó diagramas causa-efecto para poder ordenar el conocimiento de la lixiviación a nivel laboratorio, donde se encontró los factores fundamentales que afectan la operación y se detalló en el módulo de estudiante cada uno de éstos por medio de referencias bibliográficas, experiencias en video e investigación del tema.

- Fundamentos de Transferencia de Masa: En este apartado se encuentran por medio de documentos la fundamentación teórica del proceso de transferencia de masa. Además cuenta con un apartado donde el programa puede realizar cálculos de difusión en mezclas de gases, líquidos, sólidos y analogías de transferencia de masa. Este módulo además es una de las bases del curso de Transferencia de Masa (IQ-4) de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos de Guatemala.
- Metodología de cálculos: Este módulo pretende servir al estudiante el procedimiento que debe seguirse para poder resolver los problemas relacionados con la lixiviación. Se hace especial énfasis en los procedimientos de transferencia de masa aplicados a coeficientes convectivos, números adimensionales y teoría de problemas industriales de lixiviación.
- Problemas: Este módulo se refiere a tres puntos fundamentales en problemas de Ingeniería Química, los del tipo probabilístico/estocástico, determinísticos y problemas propuestos. Los problemas presentados son recopilación de ejemplos clásicos en la Ingeniería de Lixiviación en Universidades de América Latina, y los problemas propuestos tienen un nivel tipo avanzado dados a conocer por Foust y Wenzel en su libro de Principios de Operaciones Unitarias.

Las preguntas realizadas indican en general que el sistema tutorial inteligente de lixiviación es efectivo para realizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de dicha operación unitaria. Indicando también que se debe de recibir capacitación especial en el curso de extracciones industriales para conocer más a detalle los conocimientos, teoría y práctica de la lixiviación contenidos en este trabajo de graduación.

7.2 Módulos del Sistema Tutorial Inteligente de Lixiviación.

Los módulos del sistema tutorial inteligente como se detalló anteriormente conforman un tutorial que asiste y colabora dinámicamente con el proceso de enseñanza –aprendizaje de las ciencias. Aplicado a la Ingeniería Química se aplicó un módulo de estudiante escrito, para que además de presentar la gama de documentos en el tutorial, el educando tenga una evidencia tangible de los conocimientos que están plasmados como recurso informático en la computadora.

La relación vía hipervínculo en el módulo de la interfaz, especifican la dinámica del proceso educativo para que el estudiante tenga un método más agradable a la vista y que ayude al educador para que sea un simple facilitador del tema en materia de teoría y que haga la experiencia de enseñar lixiviación un método más dinámico instruyendo así una operación unitaria ampliamente aplicable en Guatemala y en el mundo entero.

El módulo experto, reta también al educador ya que la manera en que está elaborado este sistema tutorial inteligente (plataforma de programación – Microsoft Visual Basic 6.0) lo mejore, que rete a los alumnos a mejorarlo; las nuevas generaciones de estudiantes tienen amplias bases de computadoras y siendo éste uno de los campos que tiene más horizonte en Ingeniería Química; no solo como un programa para enseñar y realizar cálculos, sino también programas gráficos que generen ecuaciones, programas de métodos matemáticos para que resuelvan por medio de parámetros estocásticos o determinísticos problemas de la industria y así generar el conocimiento y analizar nuevas técnicas para poder enseñar a nuevos profesionales o estudiantes estos temas.

CONCLUSIONES

1. Se logró el diseño y desarrollo del sistema tutorial inteligente –STI- de Lixiviación que sirve como recurso didáctico para el estudio de la operación unitaria de Lixiviación inducida y como apoyo al catedrático para motivar adecuadamente al estudiante a obtener, completar y generar conocimientos.
2. Se logró construir una base de datos ordenada sistemáticamente y con una metodología adecuada respecto a conceptos, teorías y correlaciones concernientes a la fundamentación teórica de la lixiviación inducida a nivel de práctica experimental y como operación de transferencia de masa que constituyó las bases del módulo tutor y módulo estudiante en la aplicación del sistema tutorial inteligente.
3. Se diseñó e implementó el uso de diagramas, mapas conceptuales y diagramas Causa-Efecto en el estudio y aprendizaje específico de la operación unitaria de Lixiviación, para utilizarse conjuntamente con la teoría de innovación educativa a la construcción del módulo pedagógico en el Sistema Tutorial Inteligente –STI-.

4. Se construyó la aplicación computacional del Sistema Tutorial Inteligente como una manera diferente de abordar el proceso de enseñanza aprendizaje en la Ingeniería Química el cual fue desarrollado mediante los soportes informáticos Microsoft Visual Basic 6.0 y Adobe Acrobat 7.0

5. Se elaboró una base de datos completa como instrumento de referencia –modulo estudiante, del sistema tutorial inteligente - de la Lixiviación mediante, una documentación impresa constituida por dos cartapacios de información compilada de la operación unitaria de Lixiviación, como una referencia al módulo estudiante del sistema tutorial inteligente.

6. Se elaboró una base de datos completa como interfase del STI grabada electrónicamente en CD que contiene la aplicación computacional, documental en PDF y audiovisual para consulta de algunas experiencias reales de la Lixiviación en Ingeniería Química.

RECOMENDACIONES

1. Proyectar y analizar detalladamente la inclusión del aspecto termodinámico en la operación unitaria de Lixiviación y agregarlo al módulo estudiante de sistema tutorial inteligente
2. Incluir el estudio teórico y analítico en el módulo del estudiante del –STI- para el análisis con fines de monitoreo de las operaciones unitarias utilizando técnicas de análisis instrumental para purificación y cuantificación de los solutos obtenidos.
3. Actualizar periódicamente los módulos del Sistema Tutorial Inteligente – STI- de Lixiviación para que se disponga de una mejora continua del conocimiento tecnológico y práctico orientado a la innovación educativa.
4. Realizar un –STI- del tipo simulación de cálculos y métodos gráficos para sistemas ternarios involucrados en la operación unitaria de Lixiviación inducida.
5. Para elevar los índices de participación del estudiante en el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, incluir el estudio teórico y analítico en el módulo del estudiante del STI.

6. Para dar mayor enfoque a los estudios del fenómenos de transferencia de masa y las operaciones de extracción aplicadas actualmente en Guatemala para fortalecer el desarrollo tecnológico del país, se recomienda realizar una reestructuración del los contenidos de transferencia de masa en las operaciones unitarias en la Licenciatura en Ingeniería Química

7. Investigar e innovar constantemente técnicas educativas para coadyuvar al estudiante en la fijación del conocimiento y consecuentemente la generación de conocimiento del tipo ingenieril en las áreas fisicoquímica, operaciones unitarias y química de la Ingeniería Química.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilera, Jose Miguel. ***Solid-Liquid Extraction (Extraction Optimization in Food Engineering)***. New York: Marcel Dekker Inc. , 2003. 21pp.
2. Allen, Terence. ***Particle Size Measurement***. London: Chapman & Hall, 1968. 525pp.
3. Basmadjian, Diran. ***Mass transfer: principles and applications***. Florida: Taylor & Francis, 2005. 416pp.
4. Constanza Huanpaya, G.M. Arona y F.A. Lizarralde. ***Sistemas Tutoriales Inteligentes Aplicados a Dominios de la Ingeniería***. Mar de Plata, Argentina: Primeras Jornadas de Educación en Informática y TIC'S en Argentina. Universidad Nacional de Mar de Plata, 2005. 10pp.
5. Constanza Huapaya, Francisco Lizarralde y Jorge Vivas. ***Modelo de evaluación del conocimiento en un Sistema Tutorial Inteligente***. Universidad Nacional del Mar de Plata: Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, 2006. 10pp.
6. Denn, Fraser Russell y M. ***Introducción al análisis en Ingeniería Química***. México: Limusa, 1976. 402pp.
7. EDUCREA. **«EDUCREA: la creatividad motor de la renovación esencial de la educación.»** 2005. 18pp.
8. Espinoza, Juan Chunga. ***La computadora.***, Perú: UNPRG-PERÚ, 2003. 15pp.

9. Foust, Alan. Leonard Wenzel. **Principios de Operaciones Unitarias**. España: CECSA, 1023pp.
10. Gamse, Thomas. **Liquid-Liquid Extraction & Solid-Liquid Extraction**. Austria: Graz University of Technology Editorial, 2002. 85pp.
11. García, Jose. **Didáctica de las ciencias : resolución de problemas y desarrollo de la creatividad**. Bogotá: Magisterio, 2003. 62pp.
12. Griskey, Richard G. **Transport phenomena and Unit Operations a combined approach**. New York: John Wiley & Sons, 2002. 464pp.
13. Jilavenkatesa, Ajit. **Particle Size Characterization**. Washington: U.S. Government Printing Office, 2004. 165pp.
14. Kamaludin, Khaja. **Role of Intelligent Tutoting Systems in Education**. University of Malaya, Malaysia, 2006. 26pp.
15. Lara, Carmen María Galo de. **Tecnología Didáctica: Objetivos y Planeamiento**. Guatemala: Piedra Santa, 2006. 45pp.
16. Lehninger, Cox. **Principles of Biochemistry**. New York: WH Freeman, 2004. 1100pp.
17. Materials, American Society for Testing and. **Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement, ASTM C-188-95(2003)**. New York: ASTM, 2003.
18. McCabe, Warren. Julian Smith y Peter Harriot. **Operaciones Unitarias en Ingeniería Química**. México: McGraw Hill, 2002. 720pp.
19. Meloon, Clifton. **Chemical Separations: Principles, Techniques and Experiments**. New Jersey: John Wiley & Sons, 1999. 768pp.

20. Mendoza, Gustavo Recinos. Evaluación del rendimiento de concretos obtenidos en la secuencia extractiva por lixiviación mediante técnica soxhlet con tres solventes (hexano, etanol y agua) a partir de frutos de arrayán (*Myrica cerifera* L.) recolectados de los bosques naturales... Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 156pp.
21. Mitra, Somenath. ***Sample Preparation Techniques in Analytical Chemistry***. New Jersey: John Wiley & Sons, 2006. 488pp.
22. Ocon, Joaquin & Gabriel Tojo. **Problemas de Ingeniería Química (Operaciones Básicas)**. Madrid: Aguilar, 1970. 720pp.
23. Pérez, Rafael Pérez y Alejandro. **Visualización: Etapa fundamental para el aprendizaje de la física**. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2004. 8pp.
24. Perry, R.H. **Manual del Ingeniero Químico**. New York: McGraw-Hill, 2007. 2240pp.
25. Poole, Bernard. **Tecnología educativa : educar para la sociocultura de la comunicación y del conocimiento**. Madrid: McGraw-Hill, 1999. 52pp.
26. Reichardt, Christian. ***Solvents and Solvents effects in Organic Chemistry***. Alemania: Wiley-VCH, 2003. 653pp.
27. Rousseau, Ronald. ***Handbook of Separation Process Technology***. New York: John Wiley & Sons, 1987. 1024pp.
28. Sanchez, Margarita Amestoy de. **Innovación, Creatividad e Inventiva: Tres procesos que se apoyan y complementan**. Caracas, Venezuela.
29. Smith, J. ***Chemical Engineering Kinetics***. New York: McGraw-Hill, 1991. 676pp.

30. Treybal, Robert. **Liquid Extraction**. New York: McGraw-Hill, 1963. 436pp.
31. Treybal, Robert.. **Operaciones de Transferencia de Masa**. México: McGRAW-HILL, 1970. 789pp.
32. Villela, César Ariel. Tamizaje Fitoquímico del fruto del árbol de la Sapindus Saponaria (Jaboncillo) identificando las principales familias de metabolitos secundarias, en muestras provenientes de Cunén Departamento del Quiché, Guatemala. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 220pp.
33. Ward, Albert Rushton & Anthony. **Solid-Liquid Filtration and Separation Technology**. New York: VCH Publishers, 2000. 587pp.

APÉNDICE

Tabla VI. Resumen de trabajo de graduación de Lixiviación en Escuela de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos de Guatemala

<i>Catalogo USAC</i>	<i>Autor</i>	<i>Nombre</i>	<i>Año</i>	<i>Resumen</i>	<i>Asesor</i>	<i>Revisor</i>
08 T(2312)	Domínguez Monterroso, Augusto Alberto	Extracción de los pigmentos colorantes del tipo xantofilas contenidos en la flor erecta (Marigold)	1987	Se determinó el contenido de xantofilas totales en la flor de la Tagetes Erecta, para esto se sometieron a análisis muestras de la misma utilizando métodos denominados de saponificación en caliente y en frio para determinar el contenido de xantofilas presentados en AOAC. Se encontró: a) Que el método de saponificación en frio dio resultados más altos. b) Que se necesitan 4.795 Kg de flor por tonelada de alimento para obtener un colorante óptimo de la yema del huevo	Ing. Mario R. Molina	Ing. Héctor Adolfo Ruiz Godoy
08 T(3295)	Rodríguez Coronado, Juan José	Determinación de una combinación de variables apropiadas : en la extracción del aceite de la hoja de eucalipto a partir de la evaluación de métodos de extracción convencional	1993	Se hizo para determinar tres métodos de extracción y variedad de hoja apropiada en la obtención de aceite de Eucalipto. Los métodos utilizados fueron de extrusión, lixiviación, arrastre con vapor y los tipos de Eucalipto fueron Cinera, Citriodora y Elóbolos. Se determinó a través de pruebas a nivel laboratorio que la eficiencia mayor corresponde a la especie Cinerea y con una eficiencia de 91.6% para el método de arrastre de vapor	Dr. Victor Quiroa	Dr. Rodolfo Spinoza Smith
08 T(3315)	Cardona Cabrera, Carlos Alberto	Evaluación del proceso de blanqueo de la cera de arrayan (Myrica ceriferica L.) en suspensión con hipoclorito de calcio (Ca(OCl) ₂ ·2H ₂ O) a diferentes concentraciones y valores de pH	1994	Se evaluó del proceso de blanqueo de la cera de arrayan (Myrica ceriferica L.) en suspensión con hipoclorito de calcio manteniendo constate el tamaño de partícula, el tamaño de muestra y la unidad experimental. El material fue sometido a molienda hasta que llegan a una distribución geométrica constate que permitió suspender el materia en soluciones para ser blanqueado. El blanqueo fue medido con un colorimetro basado en el sistema CIE; se midió el porcentaje de reflectancia de la superficie de una probeta de material.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra

08 T(3459)	Mérida Noriega, Leo Amado	Determinación del conjunto de variables, apropiadas para el proceso de extracción de aceite de pulpa de aguacate con solventes, a partir de pruebas a nivel de laboratorio y a nivel de planta piloto	1994	Se determinó el conjunto de variables apropiadas para el proceso de extracción de aceite de pulpa de aguacate, mediante 18 extracciones utilizando los métodos, 1. Deshidratación de la pulpa de aguacate con alcohol etílico y lixiviaciones del aceite con n-hexano. 2- Deshidratación de la pulpa de aguacate y lixiviaciones utilizando una mezcla de alcohol etílico y n-hexano. Se obtuvieron eficiencias similares en los resultados. Se determinó una expresión para el porcentaje de eficiencia del proceso en función de la relación solvente-aguacate de la forma	Dr. Víctor Quiroa	Ing. Williams Guillermo Álvarez Velásquez
				Se encontró que el óptimo de la ecuación está en $a=21.8$ y b puede variare en relación al tiempo de extracción y la relación laboratorio/planta piloto. Se evaluaron los costos al realizarlo a nivel plante piloto	Ing. Patricia Búcaro	Ing. Williams Guillermo Álvarez Velásquez
08 T(3461)	Specher De León, Augusto	Estudio de la extracción de divi-divi para uso industrial en Guatemala	1994	Se realizó un estudio para determinar si el extracto proveniente de los frutos de la Caesar Pínia Coriaria tiene una cantidad considerable de un tanino vegetal llamado divi-divi. Se realizaron las extracciones de Divi-Divi en la planta piloto de extracción de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala y su porcentaje de taninos mediante el análisis oficial de taninos de la Asociación Americana de Químicos y curtidores; su recuperación fue de 41.31% y se realizaron ensayos de curtidos y recurtidos en cuero. El divi-divi mostró ser un buen curtiente de suela en combinación con otro tanino vegetal.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. Williams Guillermo Álvarez Velásquez
08 T(3739)	Reyes Barrera, Ruth Emilsa	Extracción de aceite esencial de la semilla de ambrette (hibiscus abelmoschus, linn) por medio de éter etílico variando el tiempo de agitación y la cantidad de semilla molida a un volumen constante de 100 ml	1996	Se realizó la extracción del aceite esencial de la semilla de ambrette por medio del método de extracción de aceite por solventes volátiles; se utilizó éter etílico a 25°C y tiempos de extracción de 60, 120, 180 minutos y muestras de 10, 20, 30 gramos a volumen constante de 100 mL de éter. Ambos factores (tiempo de extracción y muestra) afectan significativamente la cantidad de aceite esencial. Las condiciones óptimas don 30 gramos de muestra con 60 minutos de extracción.	Ing. César Alfonso García Guerra	Inga. Telma Maricela Cano Morales
08 T(3850)	Monzón Valdez, Víctor Manuel	Evaluación del proceso de blanqueo de la cera del fruto del árbol de arrayán (Myrica cerifera lindeniana), : a ph = 5 y diferentes concentraciones de hipoclorito de calcio $Ca(OCl)_2$	1996	Se evaluó el efecto que tiene como agente blanqueador el $CaClO$ de grado industrial en el blanqueo de la cera del fruto del árbol de arrayán, aplicado en dosis de 5, 10, 15% con 50 y 60 gramos de cera. Se observó que a mayor cantidad de gramos existía mayor blanqueo de cera y que el tiempo de retención no influencia en el proceso en general.	Ing. Erick Danilo Tello Cordón	Ing. Oscar Rosal Higueros

08 T(4096)	Lanza Galindo, Jorge Mario	Optimización del tiempo de lavado en el proceso de extracción de bixina con álcali a partir de semillas de achiote (Bixa orellana) de diferente maduración	1997	Se optimizó el tiempo de lavado en el proceso de extracción de bixina con álcali a partir de semillas de achiote con el fin de mejorar el procedimiento del proceso en general. Se utiliza el método de extracción álcali acuoso y recolectar semillas con bixina de 1.65-1.85. Con una confiabilidad del 95% se llega a determinar cómo los efectos de la pureza del colorante y el rendimiento depende del tiempo de lavado en el extractor.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. Julio Rivera Palacios
08 T(4287)	Pérez Cardoza, Gerson Haroldo	Evaluación de la influencia de la temperatura y el tiempo de proceso en el blanqueo de la cera de arrayan (Myrica cerifera lindeliana) : -A nivel de laboratorio- por mezcla del material crudo fundido, con hipoclorito de calcio dihidratado..	1998	Se evalúa a nivel laboratorio el efecto que se tiene sobre el blanqueo que ejercen los cambios de Temperatura y tiempo manteniendo fijos los demás factores involucrados. En todos los casos la Temperatura se sitúa en valores superiores a la temperatura de fusión de la cera con lo que se introduce una modificación en el proceso al permitir un mejor contacto entre la cera y la solución blanqueadora.	Ing. Byron Roberto Baldizón Cancinos	Ing. Williams Guillermo Álvarez Velásquez
08 T(4391)	Monzón Castellanos, Ronald Giovani	Determinación del rendimiento de aceite esencial de hoja de naranja agria (citrus aurantium) en función del tamaño de partícula y el tamaño de muestra obtenido por medio del proceso de arrastre con vapor	1998	Se realizó la determinación del rendimiento del aceite esencial de hoja seca de naranja agria con el método de arrastre de vapor a nivel laboratorio. Se tuvo como variables de control el tamaño con tres niveles de tamiz (4-8, diámetro de partícula igual 3.53mm, 8-16; diámetro de partícula 1.6765mm y 16-30; diámetro de partícula 0.7665mm) y muestra de 100,150, 200 gramos. Los resultados demuestran una relación logarítmica con eficiencia máxima de 0.527 a 143.5 gramos y diámetro de 2.02 en mm.	Dr. Victor Quiroa	Ing. Williams Guillermo Álvarez Velásquez
08 T(4750)	Corea Ochoa, Jaime Roberto	Determinación del conjunto de parámetros adecuados a la extracción del aceite de la semilla de mango a partir de datos experimentales a nivel de laboratorio	1999	Se realizó la determinación del conjunto de parámetros para la extracción del aceite de semilla de mango por cuatro métodos, ensayando cada uno con solventes para evaluar mejores resultados a través de mayores concentraciones de aceite extraído. Los métodos son proceso a partir de semilla fresca lixiviada con éter dietílico y hexano, proceso a partir de semilla fresca prensada y con tiempo de retención de 20 minutos, proceso a partir de semilla seca al 6.04 de % de humedad y proceso a partir de semilla seca prensada.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. Williams Guillermo Álvarez Velásquez
08 T(4754)	Chanquín Jocol, Nelson Emilio	Comparación del rendimiento de aceite esencial de Lippia alba en el laboratorio con el extraído en la planta piloto y propuesta de escalonamiento a nivel industrial	1999	Se realizó la comparación del rendimiento del aceite esencial de Lippia Alba en el laboratorio con el extraído a nivel planta piloto por medio de hidrodestilación manteniendo constantes, los tamices, la temperatura de los condensados y el tiempo de operación; ambos métodos resultaron con eficiencia del 87%.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. Williams Guillermo Álvarez Velásquez
08 T(4775)	Sandoval Arana, Jonathan Iván	Evaluación del rendimiento en la extracción de aceite esencial de la hoja de orégano (Lippia graveolens), variando el tamaño de muestra y aplicando los métodos de arrastre con vapor e hidrodestilación a nivel laboratorio	1999	Se evaluó el rendimiento en la extracción del aceite esencial de la hoja de orégano; se realizó secado por medio de un secador solar y luego se molió para obtener una muestra homogénea y facilitar la extracción. Se realizó un diseño experimental tipo 3x2 totalmente al azar con tiempo de extracción de 1.5 horas y tamaño de partícula de 2 mm. Se obtuvieron las correlaciones correspondientes para el rendimiento de las extracciones siendo más alto las dadas por la hidrometalurgia.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Dr. Adolfo Gramajo Antonio

08 T(5027)	Akú Ramírez, Ingrid Liliana	Evaluación del contenido tánico en la corteza de dos especies forestales guatemaltecas, Mangle Colorado (Rhizophora mangle) y Pino blanco (Pinus ayacahuite), por medio de dos métodos de extracción	2000	Se evaluó el contenido tánico en la corteza de dos especies forestales guatemaltecas, Mangle Colorado y el Pino Blanco por medio de dos diferentes métodos de extracción, utilizando muestras a diferentes ubicaciones a lo largo del árbol. Se utilizaron muestras de 50 gramos provenientes de 1.3, 7.3 y 10 m de mangle rojo y 1.3, 7.3 y 8.05 m de pino blanco. La extracción se realizó con sulfito de sodio al 1% y la eficiencia resultó ser del 50.94 %.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(5041)	Donado Miranda, Marco Antonio	Extracción de carotenoides de la calendula (Calendula officinalis L.) para su utilización como colorante natural en productos para consumo humano	2000	Se realizó la extracción de carotenoides de la calendula para su utilización como colorante natural en productos para consumo humano con dos diferentes solventes. Los resultados fueron que se necesitan 10 gramos de flores secas. Los extractos fueron concentrados al vacío y a temperaturas de 50°C refrigerados y protegidos de la Luz solar. Se realizaron extracciones con acetona y éter etílico.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(5387)	Paredes González, Ingrid Betzabé	Determinación del porcentaje de alcaloides presentes en la planta Datura stramonium y optimización del método de extracción con etanol	2001	Se determinó el porcentaje de alcaloides presentes en la planta Datura Stramonium y optimizó los métodos de extracción con etanol; se realizó un análisis de varianza bifactorial con grado de confianza del 95% y se determinó que el tiempo de extracción no produce un efecto significativo en la cantidad de alcaloides recuperados mientras que la Temperatura si incide y además hay interacción de tiempo y temperatura de extracción.	Ing. César Alfonso García Guerra	Inga. Telma Maricela Cano Morales
08 T(5546)	Hernández Aguilar, Diego Omar	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los concretos y cera refinada, obtenidos del fruto de Arrayán (Myrica Cerífera L.) mediante la extracción con solventes orgánicos (Etanol y Hexano) y agua. (recolectados de los bosques naturales del área nor-central de Guatemala)	2003	Se le aplicó un proceso mediante el cual se separó el contenido de concreto de la almendra con la ayuda de solventes orgánicos (etanol, hexano) y agua. Durante el proceso se logró obtener un producto (cera blanqueada), a la cual se le evaluó el color, para determinar el grado de refinamiento obtenido. A la cera refinada se le realizó otra serie de evaluaciones adicionales como los índices de saponificación, equivalente de saponificación, yodo, peróxido, acidez, % de ácidos libres, esterios y densidad.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(5631)	Del Cid Vásquez, Henry Estuardo	Extracción, a nivel de laboratorio de los pigmentos colorantes del tipo flavonoides contenidos en la flor del subín (Acacia farnesiana L. Willd) proveniente de un bosque silvestre guatemalteco	2004	Se recolectaron y se secaron las flores del subín en un secador de bandejas para luego proceder a su extracción mediante el método Soxhlet se utilizaron muestras de 10 gramos de flores secas, con una aproximación de +/- 0.05 gramos para cada extracción, y se realizaron tres corridas por cada solvente utilizado (metanol, etanol y acetona). Los extractos fueron concentrados al vacío, a temperaturas menores de 50°C. Los resultados demostraron que con la acetona se obtiene un mayor rendimiento promedio en cuanto a la obtención de los extractos colorantes, rendimiento que relaciona el peso inicial de materia prima con el peso del extracto que se obtuvo luego de evaporar el solvente mediante el rotaporador,	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón

08 T(5698)	Equité de León, Madeleine Walleska	Determinación del contenido de taninos en el extracto tánico de la corteza de melina (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.), utilizando dos métodos de extracción a nivel de laboratorio	2004	Se determinó el contenido de taninos en el extracto tánico de la corteza de melina, se utilizaron muestras tamizadas de 1.3, 4.83 y 11.16 m. Se realizaron tres extracciones a una temperatura no mayor de 70°C y una presión de 640mmHg. La mayor extracción se da con el sulfito de sodio para 1.3 m. También se analizó la incidencia del solvente sulfito de sodio al 2% y agua.	Ing. César Alfonso García Guerra	Dr. Adolfo Gramajo Antonio
08 T(5723)	Recinos Mendoza, Gustavo Adolfo	Evaluación del rendimiento de concretos obtenidos en la secuencia extractiva por lixiviación mediante técnica soxhlet con tres solventes (hexano, etanol y agua) a partir de frutos de arrayán (<i>Myrica cerifera</i> L.) recolectados de los bosques naturales del área nor-central de Guatemala	2004	Se evaluaron los rendimientos de los concretos obtenidos en la secuencia extractiva por lixiviación mediante técnica soxhlet con tres solventes (hexano, etanol y agua) a partir de frutos de arrayán recolectados de los bosques naturales del área nor-central de Guatemala; se utilizó la técnica de extracción soxhlet para separar el contenido de concreto del mesocarpio del arrayán; se extrajo durante 24 horas hasta el agotamiento y los resultados demostraron que existen diferencias en la eficiencia de extracción de concreto y el etanol presentó la mayor capacidad extractiva.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(5882)	Gómez Orozco, Edson Daniel	Comparación del porcentaje de extracto tánico de la corteza y madera de encino (<i>Quercus tristis</i> Liebm) proveniente de un bosque natural	2004	A los extractos tánicos obtenidos de las diferentes extracciones realizadas, se le aplicaron pruebas cualitativas para determinar si el tanino obtenido es del tipo condensado o hidrosoluble, así como también pruebas cuantitativas para determinar la cantidad de tanino presente en la muestra de extracto tánico. Se determinó que el porcentaje de rendimiento de extracto tánico para la corteza es de 12.95 y para la madera es de 1.95; así como también que los taninos extraídos tanto de la corteza como de la madera en su mayoría son del tipo condensado catéquico; también se llegó a determinar que el extracto tánico de la corteza tiene un 61.15% de tanino, mientras que el extracto tánico de la madera tiene un 16.15% de tanino. Las extracciones de tanino se hicieron en el rango de temperatura de (25-70) °C y a presión atmosférica local.	Ing. César Alfonso García Guerra	Ing. Erwin Ortiz Castillo
08 T(5885)	Miranda Moscoso, Alvaro Esaú	Estudio de la saponificación de la cera del arrayán (<i>Myrica Cerifera</i> L.) evaluando el álcali alternativo ceniza de leña de encino respecto al carbonato de potasio (K_2CO_3)	2004	En la presente investigación se determinó si era factible la saponificación de la cera del árbol del Arrayán, así como el procedimiento óptimo para llevar a cabo dicho experimento. Se realizaron pruebas fisicoquímicas para los jabones terminados, el proceso de saponificación realizado fue por lotes, a nivel de laboratorio, trabajando a condiciones de 640 mm de Hg. De presión y a una temperatura de 78 ± 2 0C.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(5915)	Fuentes Fuentes, Ana Patricia	Evaluación del rendimiento y calidad de aceite esencial crudo de tomillo (<i>thymus vulgaris</i> L.) : cultivado en Chaquijyá, Sololá extraído a nivel laboratorio y planta piloto	2005	Se realizó la extracción de aceite esencial crudo de tomillo (<i>thymus vulgaris</i> L.) en seco y fresco aplicando el método por arrastre con vapor de agua a nivel laboratorio y a nivel planta piloto, para ello se varió el tamaño de lote (30, 40 y 50 gramos a nivel laboratorio y 3175 gramos a nivel planta piloto), y el tiempo de extracción fue de 2 horas, en ambos niveles. Se realizó con el objetivo de determinar la influencia que tiene la cantidad de material con respecto al rendimiento y la calidad que se obtiene del aceite esencial crudo.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón

08 T(6167)	Tol Hernández, Vilma Lisseth	Comparación de la calidad del aceite esencial crudo de citronela (Cymbopogon Winteriana Jowitt) en función de la concentración de geraniol obtenido por medio de extracción por arrastre con vapor y maceración	2005	Se utilizaron para la extracción los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor directo aplicando maceración. Con el primer método se extrajo el 0.3382%, y con el método de arrastre con vapor directo aplicando maceración, el 0.4220%. Al realizarse la cromatografía gaseosa se determinó que el aceite posee geraniol, citronelal, y citronelol. Al variarse el método y la cantidad de materia prima se observó que 15 gramos de ésta es una cantidad óptima para aumentar el rendimiento de la obtención de aceite esencial, a nivel laboratorio, específicamente.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(6537)	Cobos García, Darcy Humberto	Evaluación del rendimiento del aceite esencial de clavo (Syzygium aromaticum) en función del tiempo de extracción por el método de arrastre con vapor de agua a nivel de planta piloto	2002	Se evaluó el rendimiento del aceite esencial de clavo en función del tiempo de extracción por el método de arrastre con vapor de agua a nivel de planta piloto y se comparó la eficiencia del aceite esencial de clavo extraído respecto al tiempo de extracción por medio del método de arrastre de vapor a tres tiempos de extracción y se mantienen constantes las variables también y Temperatura y flujo de vapor. Se concluye que existe mayor eficiencia a mayor tiempo de extracción	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(6548)	Hernández López, Mischael	Comparación de los rendimientos de los métodos de arrastre con vapor directo y arrastre con vapor directo aplicando maceración a nivel de planta piloto, en la extracción de aceite esencial de Albahaca (Ocimum basilicum L.) en fresco	2002	Se compararon los rendimientos de los métodos de arrastre de vapor directo y arrastre con vapor directo aplicado maceración a nivel de planta piloto. Se varió el tamaño de lote y la temperatura de condensado constante y se demostró que la eficiencia aumenta conforme aumenta el tamaño de lote. La eficiencia fue mayor utilizando vapor directo.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(6549)	Hernández Yela, Diana	Comparación del rendimiento del aceite esencial de la Matricaria courrantiana (N.C. Manzanilla) y la Matricaria recutita (N.C. Manzanilla), cultivadas en el departamento de Sololá; obtenido por los métodos de hidrodestilación y maceración	2002	Se comparó el rendimiento del aceite esencial de la Matricaria courrantiana y la Matricaria recutita por los métodos de hidrodestilación y maceración; se evaluaron ambos métodos dejando constantes el tiempo de extracción, la cantidad de gramos y la Temperatura de condensado. Del análisis estadístico se concluye que existe diferencia en el rendimiento del aceite de ambas especies, ambos métodos y la interacción método especie.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(6555)	Mendoza Castellanos, Manuel Eduardo	Comparación del rendimiento y caracterización del aceite esencial del té de limón (N. Científico Cymbopogon citratus), aplicando el método de hidrodestilación	2002	Se comparó el rendimiento y se caracterizó el aceite esencial del té de limón aplicando el método de hidrodestilación a nivel laboratorio para la especie que se cultiva a 1800 m de altura a nivel del mar, variando el tamaño de la muestra así como su contenido de humedad y se determinó que si hay diferencias significativas. Se concluye que a mayor eficiencia se requiere mayor cantidad de gramos y menor humedad a una temperatura de 25°C y un tiempo de extracción de 1.5 horas.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón

08 T(6563)	Pernilla de León, María de los Angeles	Extracción y determinación del rendimiento de aceite esencial de Ocimum basilicum (Albahaca) en función de la estación de recolección y del tamaño de lote obtenidos por medio de arrastre con vapor a nivel laboratorio	2002	Se obtuvo, cuantificó y caracterizó el aceite esencial y se utilizó el método de arrastre de vapor a nivel laboratorio y se evaluó la influencia de estación de recolección y tamaño de lote del aceite. La recolección se realizó en invierno y verano y se utilizaron tamaños de lote de 30,40, 50 gramos de material seco. La caracterización se realizó por medio de cromatografía, propiedad sensorial, color, sabor, aspecto, y propiedades fisicoquímicas. Se refutó que si existe relación.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(6565)	Ruiz Valenzuela, Vivianne Patricia	Evaluación del rendimiento de extracción de aceite esencial de cardamomo a partir de semilla de Elettaria cardamomun de tres calidades distintas cultivadas en el departamento de Suchitepéquez	2002	Se evaluó el rendimiento de extracción de aceite esencial de cardamomo a partir de su semilla, el diseño experimental se basó en la aplicación de la metodología que consiste en usar dos variables de forma independiente, calidad y cantidad de masa. Se utilizó cardamomo de primera y segunda calidad y muestras de 20, 40, y 80 gramos. El método usado fue arrastre de vapor que luego por destilación por 4 horas se obtuvieron los resultados; se concluye que no depende de la cantidad de materia prima ni la calidad si la destilación posterior es de 4 horas.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(6567)	Suchini Leytán, José Manuel	Comparación de rendimientos de dos métodos de extracción de taninos (Ácido pinutánico), a partir de la corteza del pino caribe (Pinus caribaea) a nivel de laboratorio	2002	Se comparó los rendimientos de dos métodos de extracción de taninos a partir de la corteza del pino caribe. Se utilizaron los métodos 1. Extracción sucesiva por medio de técnica soxhlet y 2. Maceración mecánica (1 etapa) a 0,5, 1 y 2 % de sulfito de sodio. La muestra fue molida en un molino de martillos hasta llegar a un tamaño de partícula entre 0,297-0,7 mm. El resultado mayor fue con técnica soxhlet con una eficiencia de 1,55 con un tiempo de 8 horas de extracción	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(6768)	Valiente Mazariegos, Werner Ottoniel	Evaluación del rendimiento de aceite esencial de pericón (Tagetes lucida Cav.) procedente de tres niveles altitudinales de Guatemala	2003	Se evaluó el rendimiento de aceite esencial de pericón por medio de dos métodos arrastre con vapor en caldillo y arrastre de vapor directo a nivel laboratorio y planta piloto utilizando un tiempo de extracción en ambos casos de dos horas y variables independientes la hoja entera y la hoja triturada a un diámetro de 4,69 mm. A una confiabilidad del 95% se concluye que depende del tamaño de partícula pero no la interacción de ambos.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(7007)	Vides Quiñonez, Tito Estuardo	Obtención y caracterización de oleoresina de clavo (Eugenia caryophyllata, Thunb), cultivado en Guatemala, a nivel planta piloto	2005	Se realizó la obtención y caracterización de la oleoresina de clavo en función del tiempo de maceración y la variable con/sin agitación. Se utilizó solvente que fue una solución acuosa de etanol al 70% y tres tamaños de partícula con tiempos de maceración de 12, 24 y 36 horas. Se concluye que a mayor eficiencia se eleva el tiempo de extracción a un nivel de confianza del 95% . Se utilizó cromatografía fina para la caracterización.	Ing. César Alfonso García Guerra	Ing. José Manuel Tay

08 T(7034)	Villela Rodas, César Ariel	Tamizaje fitoquímico del fruto del árbol de la Sapindus saponaria (jaboncillo), identificando las principales familias de metabolitos secundarios, en muestras provenientes de Cunén, departamento del Quiché, Guatemala	2005	Se realizó la identificación de las principales familias de metabolitos secundarios, por medio de la realización del tamizaje fitoquímico al fruto del árbol de la Sapindus Saponaria -jaboncillo-. Para los tratamientos a temperatura ambiente de los tres solventes etanol, agua y hexano se realizó por medio de maceración; y, para los tratamientos en temperatura sobre la ambiental se utilizó para etanol y agua, también, maceración y para el solvente hexano se utilizó el método soxhlet, debido a que el hexano como solvente en maceración y el polvillo utilizado a 5°C provoca la formación de masas endurecidas entre mayor se realizaba el incremento de la temperatura.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(7323)	Guerra Corado, Alvaro Enrique	Obtención, caracterización y evaluación de las propiedades físico-químicas de los extractos fluidos, blandos y secos así como las tinturas del rizoma y de la fronda de calahuala (phlebodium pseudoaureum) a nivel de laboratorio	2005	Se realizó para determinar a nivel de laboratorio para determinar si hay o no diferencia entre las propiedades físico-químicas, y realizar una caracterización fitoquímica, tanto de los extractos como de las tinturas de <i>P. pseudoaureum</i> . Para poder obtener los datos necesarios se realizaron tinturas para fronda al 1:22 y al 1:20 y de rizoma al 1:5 y al 1:10, utilizando etanol a 3 concentraciones diferentes (30%, 50% y 70%) para determinar si hay diferencia en la propiedades físico-químicas según sea la parte de la planta utilizada, así como entre las propiedades físico-químicas dependiendo de la concentración del disolvente.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(7488)	Rodríguez Andrade, Herminio Cupertino	Evaluación del rendimiento de aceite esencial del rizoma de jengibre (<i>Zingiber officinale Roscoe</i>) seco y molido	2006	Se evaluó el rendimiento del aceite esencial del rizoma de jengibre a nivel laboratorio y planta piloto por los métodos de arrastre con vapor en caldillo y arrastre de vapor directo. El rizoma se fragmentó y secó en un secador eléctrico por 10 horas hasta una humedad de 12% y luego se extrajo por 2 horas y tamaño de lote se mantuvo constante variado el tamaño de partícula, se concluyó que a menor tamaño de partícula se obtuvo mayores eficiencias; además a nivel planta piloto no se obtuvieron diferencias significativas. Se caracterizó por medio de cromatografía.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Lic. Armando Cáceres
08 T(7490)	Morales de León, Claudia Annelize	Caracterización de extracto y tintura de macuy (<i>Solanum americanum</i> Miller) como antifúngico contra la <i>Candida albicans</i> / Claudia Annelize Morales de León.--	2006	Se se planteó la caracterización del extracto y tintura del macuy (<i>Solanum americanum</i>) a nivel de laboratorio, determinándose las propiedades físicoquímicas: densidad, pH, sólidos totales, y las propiedades fitoquímicas como alcaloides, saponinas y taninos de las tinturas 1/5 y 1/10 así como en extracto fluido, blando, duro y seco. Al realizar los análisis físicoquímicos se pudo determinar que existe una variación significativa en las propiedades físicas (densidad, pH, sólidos totales) entre tintura y extractos, los cuales son proporcionales a su concentración. A la vez, se determinó la acción antifúngica tanto del extracto como de la tintura, ya que a este género de <i>Solanum americanum</i> se le atribuye actividad fungicida contra <i>Candida albicans</i> .	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. Otto Raúl De León De Paz

08 T(7491)	Deulofeu Gabriel, Nora Matilde	Determinación del rendimiento de la oleorresina de tres distintas clases de cardamomo (<i>Elattaria cardamomun Maton</i>) cultivado en Alta Verapaz, extraída por maceración dinámica y dos solventes distintos, a nivel laboratorio	2006	Se evaluó el rendimiento de la oleorresina de cardamomo – <i>Elattaria Cardamomum Maton</i> – a nivel laboratorio, utilizando como método de extracción la maceración dinámica del fruto molido, filtración y posterior concentración del extracto obtenido a través de rotavapor; se manejaron como variables controlables, las clases de cardamomo siendo éstas la primera, segunda y tercera clase y dos solventes distintos puros, el etanol y el hexano. El método experimental se planteó. A la oleorresina extraída se le realizó un análisis cualitativo a través de tamizaje fitoquímico, el cual que permitió determinar la presencia o ausencia de los principales grupos de constituyentes químicos, asimismo se efectuó un análisis cromatográfico de gas, a través del cual se determinó el componente mayoritario en porcentaje en área para cada una de las oleorresinas obtenidas, siendo en la mayoría de los casos el compuesto Limonene.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. José Eduardo Calderón Girón
08 T(7505)	Santos Carrillo, Marlon Alberto	Evaluación del rendimiento de aceite esencial de hinojo (<i>Foeniculum vulgare Miller</i>) procedente de dos niveles altitudinales de Guatemala	2006	Se utilizaron dos métodos de extracción, a nivel planta piloto por medio de arrastre con vapor y a nivel laboratorio por medio de un neoclevenger, se le realizó la extracción a plantas de Hinojo (<i>Foeniculum Vulgare Miller</i>) proveniente de dos niveles altitudinales del departamento de Huehuetenango. El aceite esencial obtenido se sometió a distintas pruebas fisicoquímicas para poder determinar sus características, y así llevar a cabo comparaciones entre cada planta, de diferente nivel altitudinal, se le realizó la cromatografía de gases, índice de refracción y densidad.	Ing. José Eduardo Calderón Girón	Ing. Erwin Ortiz Castillo
08 T(7571)	Hidalgo Mauricio, Gustavo Adolfo	Determinación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del aceite esencial crudo de la hoja de higo (<i>Ficus carica L.</i>), extraído a nivel de planta piloto	2006	La extracción del aceite esencial crudo, se llevó a cabo utilizando el método de arrastre con vapor. La extracción se realizó en la planta piloto de extracción/destilación. Se determinaron las variables óptimas del proceso de extracción del aceite esencial, siendo estas: el estado de la materia prima, el tiempo de extracción y el tamaño del lote. A través de dichas variables se obtuvieron modelos matemáticos, los cuales describen su comportamiento. Las variables óptimas para la extracción de aceite son: el tiempo de extracción de 1 hora 45 minutos, un tamaño de lote de 2.49 Kg., con un tamaño de partícula de 1 cm x 2 cm, para un rendimiento máximo de 0.085 %. Finalmente, al aceite esencial se le realizaron pruebas fisicoquímicas y cromatografías para determinar cuáles son los componentes mayoritarios.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(7998)	Luna Zuñiga, Glenda Rocío	Análisis fisicoquímico y evaluación del rendimiento de extracción del aceite de semilla de morro (<i>Crescentia alata HBK</i>) proveniente de las regiones de Estanzuela, Zacapa y San Agustín Acasaguastlán, El Progreso / Glenda Rocío Luna Zuñiga.	2007	Se logró determinar constantes fisicoquímicas como densidad, viscosidad, punto de ebullición, índice de refracción y solubilidad en distintos solventes. Asimismo los índices de calidad que se obtuvieron para tales muestras fueron: índice de yodo, índice de acidez, índice de saponificación, índice de peróxidos, índice de Dobi, índice de Totox, materia insaponificable, porcentaje de ceras, porcentaje de gomas, prueba en frío, porcentaje de jabón, porcentaje de fósforo, porcentaje fosfolípidos, y prueba de p-anisidina	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra

08 T(8001)	Calderón Guevara, Mario Roberto	Extracción y caracterización fisicoquímica del extracto colorante de la corteza de aliso común (<i>Alnus jorullensis</i> Humboldt, Bonpland & Kunth), proveniente de San Lucas Sacatepéquez, Guatemala	2007	El propósito principal del trabajo de investigación fue extraer y caracterizar el extracto tintóreo obtenido de una especie forestal guatemalteca: Aliso común (<i>Alnus jorullensis</i> HBK), para evaluar la factibilidad de uso como materia prima en la industria textil. Se realizó la extracción y caracterización de los extractos tintóreos de la especie forestal guatemalteca Aliso Común (<i>Alnus jorullensis</i> HBK), para ello se utilizaron 3 tipos de extractores (agua, etanol al 35% (v/v) y etanol al 70% (v/v)) y 3 tipos de tamaño de partícula de corteza seca (rangos entre 495 y 420 micrones, 420 y 297 micrones, 297 y 250 micrones), con 3 repeticiones para cada una, resultando 27 extracciones en total.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(8005)	Escobar Robles, Carla Sofía	Estandarización de dos extractos del rizoma de la planta zarzaparrilla (<i>Similax domingensis</i>), proveniente de Santa Rosa, para desarrollo fitofarmacéutico a nivel de laboratorio, utilizando la extracción por percolación de lecho estático con 24 horas	2007	En la presente investigación se realizó la estandarización de un extracto fluido y un extracto seco del rizoma de <i>S. domingensis</i> (Zarzaparrilla) a nivel laboratorio por el método de percolación de lecho estático con 24 horas de reposo. Para ello se utilizó rizoma de <i>S. domingensis</i> proveniente del departamento de Santa Rosa. Para la elaboración de los extractos se procedió a verificar que la materia prima cumpliera con normas de calidad; luego se efectuaron las respectivas percolaciones utilizando como disolvente etanol al 70 % v/v, y al final se concentraron hasta llegar a 1:1 (1 mL de extracto corresponde a 1 g de la droga seca) para extracto fluido y 1:4 (1 mL de extracto corresponde a 4 g de la droga seca) para extracto seco.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(8027)	Alvarado Pineda, Glendy Rocío	Determinación del rendimiento del aceite esencial de las flores de manzanilla (<i>Matricaria recutita</i> L.) en función de la altura sobre el nivel del mar en que está cultivada, aplicando el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio	2007	En el presente trabajo se obtuvo, cuantificó y caracterizó el aceite esencial de Manzanilla (<i>Matricaria recutita</i> L.). Para su obtención se utilizó el método de Extracción de arrastre con vapor de agua a nivel laboratorio. Evaluándose la influencia de la altitud en la que fue cultivada la planta sobre el rendimiento del aceite; la recolección se realizó en cuatro localidades; el tamaño del lote utilizado fue de 50 gramos de material seco. La caracterización del aceite se realizó por medio de cromatografía de gases, con la que fue posible obtener la composición del aceite. Se utilizó un arreglo combinatorio aleatorio, para permitir la interacción del factor altitudinal	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(8340)	Ramírez Ovalle, Lourdes María	Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino Antigua obtenido por el proceso de prensado	2008	Se realizó la extracción de aceite por prensado mediante un tratamiento térmico por extrusión alcanzando una presión de 125 PSI a una velocidad de 1 Lb/min, temperatura de la torta 108 oC y temperatura del aceite extraído 80oC, comparando el rendimiento con la extracción de lixiviación en caliente soxhlet de 19 ciclos en un tiempo aproximado de 480 minutos siendo la temperatura de extracción de 63 oC, para lo cual los granos de café en oro se tostaron a dos temperaturas, 200 oC para el tueste oscuro; 190°C para el tueste liviano utilizando un tostador de cilindro con quemador de gas propano a una velocidad de tueste de 1.3 Lb/min.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra

08 T(8343)	Mérida Meré, Mario José	Extracción y caracterización fisicoquímica del tinte natural obtenido del exocarpo del coco (cocos nucifera), como aprovechamiento del desecho de fuentes comerciales	2008	Se realizó la extracción y caracterización de los extractos tintóreos del exocarpo del coco (<i>Cocos nucifera</i>), para ello se utilizaron 3 tipos de solventes (agua, etanol al 50% (v/v) y etanol al 95% (v/v)) con 3 repeticiones para cada una, resultando 9 extracciones en total. El tamaño del tratamiento de lixiviación con reflujo fue constante, en función de la relación exocarpo de coco fresco/solvente de 1:10 (w/v), con tiempo de extracción de 6 horas y a temperatura de ebullición de la solución, 94°C para el agua, 89°C para el etanol al 50% (v/v) y 77°C para el etanol al 95% (v/v), a presión atmosférica de 640 mmHg	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(8441)	Quezada Rodríguez, Aldo Enrique	Evaluación del rendimiento de extracción del aceite esencial crudo de orégano (<i>Lippia graveolens</i>) proveniente de dos zonas de distinta altitud, por medio del método de arrastre de vapor a nivel planta piloto / Aldo Enrique Quezada Rodríguez	2008	En este trabajo de investigación se comparó el rendimiento de extracción, las características fisicoquímicas, y la composición cualitativa y cuantitativa del aceite esencial crudo de orégano (<i>Lippia graveolens</i>) proveniente de Salamá, Baja Verapaz y la cabecera departamental de Zacapa. La extracción se realizó por medio del método de arrastre con vapor en la Planta Piloto de la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala..	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(8443)	Guerrero Gutiérrez, Edward Mario Augusto	Lixiviación parametrizada y caracterización fisicoquímica a nivel laboratorio del extracto colorante de la corteza del quebracho (<i>Lysiloma auritum</i> (Schltdl) Benth) proveniente de Jocotán, Chiquimula	2008	En este trabajo de investigación se comparó el rendimiento de extracción, las características fisicoquímicas, y la composición cualitativa y cuantitativa del aceite esencial crudo de orégano (<i>Lippia graveolens</i>) proveniente de Salamá, Baja Verapaz y la cabecera departamental de Zacapa. La extracción se realizó por medio del método de arrastre con vapor en la Planta Piloto de la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	Ing. Mario Arturo Eskenasy G.	Ing. César Alfonso García Guerra
08 T(8445)	Méndez Marroquín, Ginger Kim Elinor Starlinght	Evaluación técnica a nivel planta piloto para la refinación de arcillas, mediante lixiviación de hierro con ácido sulfúrico, a partir de hematita proveniente de la mina "Quebrada María", Camotán, Chiquimula	2008	El objetivo principal de este trabajo de graduación consistió en e valorar el método de refinación de arcillas provenientes de hematita mediante la lixiviación de óxido férrico con ácido sulfúrico. En el equipo de lixiviación del laboratorio de operaciones unitarias de la Facultad de Ingeniería, la hematita tamizada se hizo reaccionar con soluciones de ácido sulfúrico a tres diferentes concentraciones (20, 25 y 30% de ácido en volumen), de esta reacción se formó una solución de sulfato férrico debido a la interacción química entre óxido de hierro presente en la hematita y el ácido sulfúrico que funcionó como agente extractor de hierro. Para determinar el tiempo y concentración de coadyuvante óptimo para esta reacción de lixiviación, se realizaron tres corridas, una para cada concentración de ácido, tomando cada 30, 60, 90 y 120 minutos, alícuotas de la solución obtenida, a partir del momento en el que inició la reacción. En el proceso a nivel planta piloto, se separó, por medio de un filtro prensa la solución madre, compuesta por sulfato férrico y trazas de ácido, las arcillas contenidas en el filtro fueron posteriormente lavadas para eliminar la acidez y se secaron en un horno a 200°C,	Ing. Mario Arturo Eskenasy G.	Ing. César Alfonso García Guerra

08 T(8451)	De León Juárez, Mauricio Leonardo	Comparación del rendimiento del aceite esencial de dos especies de eucalipto (Eucalyptus citrodora Hook y Eucalyptus camaldulensis Dehnh), aplicando el método de hidrodestilación a nivel laboratorio / Mauricio Leonardo De León Juárez. --	2008	Se evaluó la diferencia significativa en el rendimiento de dos especies de eucalipto, Eucalyptus Citriodora de una edad aproximada de cinco años y Eucalyptus Camaldulensis de una edad aproximada de dos años, a nivel laboratorio, aplicando el método de hidrodestilación. La materia prima fue recolectada en las plantaciones ubicadas en la planta San Miguel de Cementos Progreso, municipio de Sanarate, departamento de El Progreso a 813 msnm. La parte de la planta utilizada fueron las hojas de las dos especies de eucalipto, las cuales se secaron a una temperatura de 40oC, triturada y tamizada previamente para cada unidad de experimentación. para la especie Camaldulensis que para la especie Citriodora.	Inga. Telma Maricela Cano Morales	Ing. César Alfonso García Guerra
------------	--------------------------------------	---	------	--	-----------------------------------	----------------------------------

ANEXOS

Tabla VII. Extracción de materiales biológicos comunes en la Industria de Lixiviación Inducida (Extracción Sólido-Líquido)

Producto	Sólido	Soluto	Solvente	Tiempo Extracción aproximado (minutos)
Antocianinas	Aronias, uvas	Antocianinas	Etanol, agua	
Solutos de Jugo de Manzana	Trozos de manzana	Solutos de jugo de manzana	Agua	75-85
Solutos de jugo de manzana	Pulpa de manzana	Solutos de jugo de manzana	Agua	300-360
Betaninas	Remolacha	Betaninas	Etanol, agua	
Infusiones de hierbas	Cebada de Malta	Azúcares, solutos traza	Agua	120-300
Mantequilla	Mantequilla rancia	Ácidos orgánicos de bajo peso molecular	Agua	
Carragenanos (Mezclas de polisacáridos)	Algas marinas	Carragenanos	Agua	
Pigmentos Carotenoides	Hojas	Agua al principio, luego pigmentos	Etanol, Isopropanol	
Yuca, extractos	Glucósidos cianogénicos	Restos yuca	Agua	
Melaza cítrica	Jugos residuos	Azúcares cítricos	Agua	
Colágeno	Pieles	CaOH	Agua	1400
Aceite de Semilla de Algodón	Semilla de algodón	Aceite de semilla de algodón	Hexano	60-85
Gelatinas	Colágeno	Gelatinas	Agua o ácido diluido	240 repetidamente al agotamiento
Proteína citoplásmica de alfalfa	Proteína citoplásmica de alfalfa	Clorofila	Acetona, etanol o butanol	

Café descafeinado	Granos de café verde	Cafeína	Cloruro metilado en extracción heterogénea con agua como solvente interno	480-720
Café descafeinado	Granos de café verde	Cafeína	CO2 Supercrítico	
Café descafeinado	Granos de café verde	Cafeína	Extracto de café libre de cafeína	
Algas Marinas, sin sal	Algas marinas	Sal de mar	HCl diluido	120-180
Aceite de pescado	Escamas de pescado	Aceite de pescado	Hexano, CH ₂ Cl ₂ , butanol	15-60
Proteína Concentrada de pescado	Pescado degradado	Aceite de pescado	Butanol	
Solutos del jugo de frutas	Trozos de fruta o pulpa	Solutos de jugo de frutas	Agua	
Extractos de lúpulo	Flores de lúpulo	Solutos de lúpulo	CH ₂ Cl ₂	
Extractos de lúpulo	Flores de lúpulo	Solutos de lúpulo	CO ₂ Supercrítico	
Infusiones de lúpulo	Flores de lúpulo	Solutos de lúpulo	Agua	
Insulina	Carne o páncreas de cerdo	Insulina	Alcohol arcádico (ácido)	
Yodo	Algas Marinas	Yoduros	Solución acuosa de ácido sulfúrico	
Pieles, extractos	Pieles de Ganado	Proteínas con base no gelatinosa, carbohidratos	Solución acuosa de hidróxido de calcio	40,000 – 130,000
Extractos de hígado	Hígados de mamíferos	Péptidos	Agua	
Frutas de Baja Humedad	Fruta Húmeda	Agua	Solución acuosa de sucosa al 50%	480
Pectinas en baja humedad	Alcoholes con pectinas precipitadas	NaCl, Agua	Isopropanol	
Extracto maltico	Grano germinado	Extracto Máltico	Agua	
Pectina metilada	Pectinas traza(desmenuzadas)	Agua	Metanol	
Oseína/Osteína del Colágeno	Huesos de ganado	Sales de calcio y fosfatos	Ácido diluido	1400
Papaina	Papaya	Papaina	Agua	
Pectina	Pulpa de manzana	Pectina	Ácido diluido	30-240, muchas veces 2 veces

Pectina	Rodajas de cítricos	Pectinas	Ácido diluido	100-720
Pepsina	Estómagos de cerdos	Pepsina	Solución acuosa de HCl	
Extractos de conservas	Pepinos	NaCl	Agua	7200
Condimentos/Conservas en Vinagre	Pepinos	NaCl	Agua	15
Renina	Forro de estómagos de ternero	Renina	Solución acuosa de NaCl	
Proteínas	Células desintegradas	Proteína	Agua	
Proteínas	Células intactas	Ácidos nucleicos	Solución Acuosa de NaCl	
Café Soluble	Granos de café tostados	Solutos de café	Agua	120-180
Te Soluble	Hojas secas de te	Solutos de te	Agua	45-120
Aceite de Soya	Granos de soya	Aceite de soya	Hexano	18-45
Proteína de Soya Concentrada	Soya, extractos secos	Azúcares, sólidos no proteicos	Etanol al 70%. Debe estar en su punto isoelectrico	
Extractos Sazonadores	Paprika, pimienta, tomillo, mejorana, clavos	Solutos sazonadores	Etanol al 80%	
Oleorresinas Sazonadoras	Paprika, etc.	Solutos sazonadores	Metil etil cetona	
Maíz húmedo, extractos	Pepitas del maíz	Sólidos húmedos del maíz	Ácido sulfúrico diluido	1800-3000
Esteroides	Micelio fungi	Esteroides	Acetona y Cloruro metilado	
Pulpa de Manzana, libre de sucrosa	Pulpa de manzana	Azúcares	Agua	
Sucrosa	Azúcares de remolacha	Sucrosa	Agua	20-90
Sucrosa	Caña de Azúcar	Sucrosa	Agua	25-60
Cítricos, extractos	Rodajas de cítricos	Flavonoides, azúcares	Agua	
Vainilla	Granos de Vainilla	Vainilla	Etanol al 65%	10,000
Vitamina B1	Refinados de arroz	Vitamina B1	Solución Agua/Alcohol	
Zeína/Ceína	Maíz	Zeína/Ceína	Etanol al 90%	

Fuente: Ronald Rousseau, "*Handbook of Separation Process Technology*". Página 551

Tabla VIII. Algunos Procesos Analíticos de Transferencia de Masa

Nombre	Alimentación	Agente de Separación	Productos	Principio de Separación	Ejemplo Práctico
Cristalización	Líquido	Enfriamiento	Sólidos	Cambio de Temperatura, formación preferencial de estructura cristalina	Azúcar
Desublimación	Vapor	Enfriamiento	Sólidos y Vapor	Condensación preferencial	Purificación de Anhidro Ftálico
Diálisis	Líquido	Membranas Selectivas, Solventes	Líquidos	Diferentes rangos de transporte de difusión a través de membranas	Recuperación de Hidróxido de Sodio en la Manufactura del Rayón. Riñones artificiales
Electrodiálisis	Líquido	Membranas aniónicas y catiónicas. Fluido Eléctrico	Líquidos	Tendencia de membranas aniónicas a pasar solo aniones (puede ser también viceversa)	Desalinización de aguas ligeramente saladas
Electroforesis	Líquido con coloides contenidos.	Fluido Eléctrico	Líquidos	Diferencia iónica de movilidad de coloides	Separación de proteínas
Evaporación	Líquido	Calor	Líquido y vapor	Diferencia de volatilidades (presión de vapor)	Concentración de jugos de fruta.
Expansión Flash	Líquida	Reducción de la presión	Líquido y Vapor	Diferencia en volatilidades (presión de vapor)	Proceso Flash para desalinización de agua del océano.
Flotación	Mezcla de Sólidos	Adición de surfactantes	Dos sólidos	Tendencia de surfactantes de adsorber preferencialmente uno de los dos sólidos.	Flotación de minerales
Secado en frio	Agua Fría conteniendo el sólido	Calor	Sólido seco y vapor de agua	Sublimación del agua	Deshidratación de frutas
Filtración en Gel	Líquido	Gel sólido	Fase gel y líquida	Diferencia molecular de tamaño y habilidad de penetrar en la matriz del gel e inflarlo	Purificación de farmacéuticos Separación de proteínas

Fraccionamiento tipo Burbuja	Líquida	Burbujas de aire; muchas veces surfactantes complejos	Dos líquidos	Tendencia de las moléculas del surfactante a acumularse en la interface gas-líquido y elevarse como burbujas de aire	Remoción de detergentes de desechos de lavados Flotación de minerales
Destilación Molecular	Mezclas líquidas	Calor y Vacío	Líquido y vapor	Diferencia en la teoría cinética del máximo valor de vaporización	Separación de vitamina A
Osmosis	Solución salada	Solución más concentrada	Dos líquidos	Tendencia de lograr uniformidad osmótica	Deshidratación de frutas
Difusión Térmica	Gas o Líquido	Gradiente de Temperatura	Gases o líquidos	Grado de diferencia térmica de difusión	Sugerida para la separación de isótopos.
Ultracentrifugación	Líquido	Fuerza centrífuga	Dos fases	Difusión	Separación de largas cadenas poliméricas de acuerdo a peso molecular
Ultrafiltración	Líquido conteniendo sólidos	Gradiente de presión	Dos fases	Diferencias en la permeabilidad	Tratamiento de desechos en agua.