

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO
PARA LA INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA**

**JOSÉ CLEMENTE CONTRERAS NARANJO
VIVIANA SÁNCHEZ TORRES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2005

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO
PARA LA INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA**

**JOSÉ CLEMENTE CONTRERAS NARANJO
VIVIANA SÁNCHEZ TORRES**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Químico**

**Director
CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA
Ingeniero Químico. Msc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2005

A Dios y a mi familia

JOSÉ CLEMENTE

A Dios, gracias por tantas bendiciones.
A mis padres, quienes con su amor y
cuidado han guiado mis pasos.
Al resto de mi familia, mis amigos y mi
novio.

VIVIANA

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Msc. CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA, por su orientación y apoyo como director de proyecto.

Dr. EDGAR FERNANDO CASTILLO MONROY, por sus críticas constructivas y su colaboración para la publicación del MEC en Internet.

Dr. RAMIRO MARTÍNEZ REY, por su orientación en la estructuración de la metodología y su interés en la publicación del material.

Dr. ÁLVARO RAMÍREZ GARCÍA, por su disponibilidad para realizar la evaluación e implementación de nuestro proyecto.

Al Ingeniero Mecánico LIBARDO ENRIQUE MENDOZA GENEY, por su instrucción en el manejo de Solid Edge.

A nuestros compañeros, familiares y amigos por su apoyo y motivación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. CONCEPTOS TEÓRICOS	3
1.1 MATERIALES EDUCATIVOS COMPUTARIZADOS (MECs)	3
1.1.1 Definición	3
1.1.2 Características	3
1.1.3 Estructura	4
1.1.3.1 Interfaz	4
1.1.3.2 Bases de datos	4
1.1.3.3 El motor o algoritmo	4
1.2 TIPOS DE MECs	6
1.3 TEORÍAS DEL APRENDIZAJE COMO SUSTENTO AL DISEÑO DE MECs	6
1.3.1 Aplicación de las teorías del aprendizaje a la elaboración de MECs	6
1.3.1.1 Conductismo	6
1.3.1.2 Cognoscitivismo	6
1.4 INGENIERÍA QUÍMICA	9
1.5 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA	10
1.6 ÁREAS DEL CONTENIDO DEL MEC PARA LA INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA	10
1.6.1 Medición	10

1.6.2	Diseño de experimentos	11
1.6.3	Termodinámica	12
1.6.4	Diagramas de flujo de proceso	13
1.6.4.1	Diagramas de bloques	13
1.6.4.2	Diagramas de proceso (PFD)	13
1.6.4.3	Diagramas de tubería e instrumentación (P&ID)	13
1.6.5	Procesos de la industria química	14
1.6.6	Reactores	15
1.6.7	Operaciones unitarias	15
1.6.8	Balances de masa	16
1.6.9	Introducción a HYSYS	17
1.6.10	Transporte de fluidos	17
2.	METODOLOGÍA	19
2.1	DISEÑO DEL MEC	19
2.1.1	Necesidad educativa	21
2.1.2	Descripción del usuario	21
2.1.3	Área del contenido	21
2.1.4	Selección de estrategias de desarrollo	21
2.1.5	Revisión bibliográfica	22
2.1.6	Diseño de la interfaz	22
2.1.7	Especificación de los recursos técnicos	22
2.1.7.1	Requerimientos de software	23
2.1.7.2	Requerimientos de hardware	25

2.2 DESARROLLO	26
2.2.1 Desarrollo de la interfaz	26
2.2.2 Desarrollo de contenidos	26
2.2.3 Desarrollo de aplicaciones multimedia	27
2.2.4 Montaje del contenido	28
2.2.5 Especificaciones para la instalación del MEC	28
2.3 PRUEBA Y AJUSTE	28
2.3.1 Prueba piloto	29
2.3.2 Prueba final	29
2.4 IMPLEMENTACIÓN	30
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	31
3.1 DISEÑO DEL MEC	31
3.1.1 Necesidad educativa	31
3.1.2 Descripción del usuario	32
3.1.3 Área del contenido	33
3.1.3.1 Medición	34
3.1.3.2 Diseño de experimentos	35
3.1.3.3 Termodinámica	36
3.1.3.4 Diagramas de flujo	36
3.1.3.5 Procesos de la industria química	37
3.1.3.6 Reactores	37
3.1.3.7 Operaciones unitarias	38
3.1.3.8 Balances de masa	38

3.1.3.9 Introducción a HYSYS	39
3.1.3.10 Transporte de fluidos	39
3.1.4 Selección de estrategias de desarrollo	40
3.2 DESARROLLO	40
3.2.1 Desarrollo de la interfaz	40
3.2.1.1 Marco 1	40
3.2.1.2 Marco 2	41
3.2.1.3 Marco 3	41
3.2.2 Desarrollo de aplicaciones multimedia	42
3.2.2.1 Animaciones	42
3.2.2.2 Programas	43
3.2.2.3 Cuestionarios	43
3.2.2.4 Videos	44
3.2.3 Montaje del contenido	44
3.2.4 Especificaciones para la instalación del MEC	44
3.3 PRUEBA Y AJUSTE	45
3.3.1 Prueba piloto	45
3.3.2 Prueba final	45
3.4 IMPLEMENTACIÓN	47
4. CONCLUSIONES	48
5. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	53

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Elementos de evaluación en la prueba final.	30
Cuadro 2. Estructura del módulo: Medición	35
Cuadro 3. Estructura del módulo: Diseño de experimentos	35
Cuadro 4. Estructura del módulo: Termodinámica	36
Cuadro 5. Estructura del módulo: Diagramas de flujo	36
Cuadro 6. Estructura del módulo: Procesos de la industria química	37
Cuadro 7. Estructura del módulo: Reactores	37
Cuadro 8. Estructura del módulo: Operaciones unitarias	38
Cuadro 9. Estructura del módulo: Balances de masa	38
Cuadro 10. Estructura del módulo: Introducción a HYSYS	39
Cuadro 11. Estructura del módulo: Transporte de fluidos	39

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema de la metodología	20
Figura 2. Distribución de la interfaz del MEC	23
Figura 3. Presentación del marco 1	40
Figura 4. Presentación del marco 2	41
Figura 5. Presentación del marco 3	42

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Encuesta para identificar aspectos de la necesidad educativa y las características del usuario.	53
Anexo B. Prueba Piloto del MEC	58
Anexo C. Prueba Final	61
Anexo D. Tipo de preguntas formuladas en los cuestionarios de evaluación de cada módulo.	67

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO PARA LA INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA*

AUTORES: José Clemente Contreras Naranjo, Viviana Sánchez Torres**

PALABRAS CLAVES: Introducción a la Ingeniería Química, material educativo, MEC, software educativo.

DESCRIPCIÓN

Se realizó un material educativo computarizado (MEC) para aplicarlo como una herramienta complementaria de la asignatura Introducción a la Ingeniería Química que sirve a los estudiantes como una fuente de información actualizada, facilitadora del aprendizaje de conceptos y la autoevaluación objetiva.

El material tiene un entorno agradable y rico en aplicaciones multimedia (imágenes, animaciones, videos y programas). Está estructurado por los siguientes módulos que constituyen las unidades temáticas: medición, diseño de experimentos, termodinámica, diagramas de flujo, procesos de la industria química, reactores, operaciones unitarias, balances de masa, introducción a HYSYS y transporte de fluidos.

Para su realización se enfatizó en el estudio de teorías del aprendizaje, como fundamento para el diseño del ambiente educativo; la búsqueda de documentación adecuada y suficiente sobre los temas a tratar y el dominio de las herramientas apropiadas para la elaboración de aplicaciones multimedia interactivas.

El proceso de elaboración se inició con una etapa de diseño donde se planeó el ambiente de aprendizaje, los temas a desarrollar y la estructura del material. Luego siguió la etapa de desarrollo donde se realizaron e integraron los elementos que conforman el MEC (interfaz, contenidos y aplicaciones multimedia). Se prosiguió con la evaluación del material para su depuración y se aplicó una prueba final para conocer su impacto en la población de usuarios. La etapa final fue la implementación del MEC en la sala de cómputo de la Escuela de Ingeniería Química (UIS) y en Internet.

De este proyecto se concluye que el MEC sirve como una herramienta complementaria de las clases presenciales que mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química.
Director: Msc. Crisóstomo Barajas Ferreira.

SUMMARY

TITLE: DESIGN AND DEVELOPMENT OF A COMPUTER EDUCATIONAL MATERIAL FOR THE INTRODUCTION TO CHEMICAL ENGINEERING*.

AUTHOR: José Clemente Contreras Naranjo, Viviana Sánchez Torres**.

KEY WORDS: Introduction to Chemical Engineering, educational material, educational software.

DESCRIPTION

A computer educational material (CEM) was obtained to be applied as a complementary tool for the subject "Introduction to Chemical Engineering". It is useful for students as a source of updated information, and it helps the learning of concepts and the objective self evaluation.

The material has a nice environment, and plenty of multimedia applications (pictures, animations, videos and programs). It is composed by the following modules which are the thematic units: measuring, experimental design, thermodynamics, flow diagrams, processes of chemical industry, reactors, unit operations, mass balances, introduction to HYSYS and fluids transport.

Its realization was made emphasizing the study of learning theories as a base for the design of the educational environment; the search of enough and suitable documentation about the topics to be treated and the handling of the suitable tools for the elaboration of the interactive multimedia applications.

The elaboration process began with the design stage, where the learning environment, the topics to be developed, and the material structure were planned. Followed by the development stage where the elements that form the material (interface, contents and multimedia applications) were made and integrated. Next was made the evaluation of the material for its revision and was applied a final test to know its impact in the population of users.

The final stage was the implementation of the material in the computer room of the Department of Chemical Engineering (UIS) and in the Internet.

Of this project was concluded that the material is useful as a complementary tool to presential classes, and that it improves the teaching-learning process.

* Degree project

** Engineering Physical-Chemical Faculty, Department of Chemical Engineering
Director: Msc. Crisóstomo Barajas Ferreira.

INTRODUCCIÓN

La asignatura Introducción a la Ingeniería Química tiene como propósito brindar a los estudiantes de Ingeniería Química que inician su formación, un panorama general de la carrera, su aplicación y el campo de trabajo; así como mostrar cuáles son los conocimientos, habilidades y actitudes requeridos para desempeñarse satisfactoriamente en su profesión. Sin embargo, el estudiante de esta asignatura no tiene a su disposición fuentes didácticas de información actualizadas y acordes a su nivel de formación para estudiar la diversidad de temas tratados.

La pregunta que se plantea es entonces: ¿Cómo puede mejorarse la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Introducción a la Ingeniería Química?

En la actualidad es un propósito de la Universidad Industrial de Santander mejorar la calidad y la cobertura de la educación atendiendo a las necesidades y recursos tecnológicos disponibles. El alto grado de desarrollo alcanzado por las Tecnologías de la Información y la Comunicación, TICs, ha permitido ver en estas herramientas alternativas de solución a ciertas necesidades educativas. Es así como en la Escuela de Ingeniería Química de la UIS se han desarrollado materiales educativos computarizados, MECs, para algunos temas propios de la carrera: termodinámica, análisis numérico, intercambiadores de calor y operaciones de absorción.

La elaboración de un material educativo computarizado para la Introducción a la Ingeniería Química se plantea buscando responder a las necesidades anteriormente mencionadas, de manera que se constituya en una herramienta

complementaria al desarrollo del curso, que mejore el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Es por lo tanto el objetivo central del presente trabajo diseñar y desarrollar un material educativo computarizado para la Introducción a la Ingeniería Química, en el que se exponen por módulos temáticos conceptos básicos de Ingeniería Química, en un entorno agradable y rico en aplicaciones multimedia (imágenes, animaciones, videos y programas).

Este material cuenta además con cuestionarios interactivos, que le permiten al estudiante evaluar su aprendizaje rápidamente y en forma objetiva, identificando los errores cometidos.

Como tema adicional al contenido de la asignatura, se incluye un módulo de introducción al software de simulación HYSYS; con el fin de que los estudiantes comprendan su utilidad desde los primeros niveles motivándolos a continuar y profundizar el manejo de este software a lo largo de la carrera.

Una vez terminado el material se realizó una evaluación con una muestra de usuarios, la cual indicó que el impacto inicial del MEC fue positivo, ya que los estudiantes manifestaron interés por continuar con su empleo como herramienta complementaria de su proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para el éxito del MEC es fundamental no sólo que los estudiantes demuestren interés en su uso, sino que se requiere también de los aportes del profesor al asumir un rol de facilitador del conocimiento implementando el MEC como un material auxiliar y disponibilidad del espacio para la aplicación del MEC por parte de la institución.

1. CONCEPTOS TEÓRICOS

Para la elaboración de un material educativo es necesario tener claridad en los conceptos propios del contenido del tema a desarrollar, así como en los conceptos de pedagogía necesarios para garantizar el adecuado proceso de enseñanza-aprendizaje. Es por esto que en este capítulo se tratan en las primeras tres secciones aspectos relacionados con el diseño de materiales educativos computarizados y en las secciones siguientes se mencionan los conceptos básicos del contenido.

1.1 MATERIALES EDUCATIVOS COMPUTARIZADOS (MECs)

1.1.1 Definición. Son las herramientas para computador creadas con la finalidad específica de ser utilizadas como medio didáctico, es decir, para facilitar los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Los contenidos han de determinarse según los propósitos educativos y deben propiciar el desarrollo de todas las dimensiones del individuo. Los recursos didácticos exigen considerar el uso de texto, sonido, gráfico y animaciones que permitan al estudiante el aprendizaje por descubrimiento, educar los sentidos y descubrir poco a poco nuevos conceptos.

1.1.2 Características

- Son materiales elaborados con una finalidad didáctica.
- Proponen actividades para que los alumnos las desarrollen, empleando como soporte el computador.
- Son interactivos, contestan inmediatamente las acciones de los estudiantes y permiten un intercambio de información entre el computador y los estudiantes.

- Individualizan el trabajo de los estudiantes, ya que se adaptan al ritmo de trabajo de cada uno.
- Son fáciles de usar. Los conocimientos informáticos necesarios para utilizar la mayoría de estos programas, son mínimos, aunque cada programa tiene unas reglas de funcionamiento que es necesario conocer. (MARQUÉS, 1999).

1.1.3 Estructura. En los programas didácticos se pueden distinguir tres módulos principales:

- Módulo de comunicación con el usuario (interfaz)
- Módulo que almacena la información (bases de datos)
- Módulo que determina la respuesta del computador a las acciones de los usuarios (motor)

1.1.3.1 Interfaz. Es el entorno a través del cual los programas establecen el diálogo con sus usuarios, posibilitando la interactividad característica de estos materiales. Está integrada por el sistema de comunicación programa-usuario (facilita la transmisión de informaciones al usuario por parte del ordenador) y el sistema de comunicación usuario-programa (facilita la transmisión de información del usuario hacia el ordenador) (NOGUERA; 1999).

1.1.3.2 Bases de datos. Contienen la información específica que cada programa presentará a los estudiantes. Pueden estar constituidas por: datos de tipo texto, información alfanumérica, dibujos, fotografías, secuencias de vídeo, etc.

1.1.3.3 El motor o algoritmo. El algoritmo del programa, en función de las acciones de los usuarios, gestiona las secuencias en que se presenta la información de las bases de datos y las actividades que pueden realizar los estudiantes. Distinguiamos los siguientes tipos de algoritmos:

- Lineal, cuando la secuencia de las actividades es única.
- Ramificado, cuando están predeterminadas posibles secuencias según las respuestas de los alumnos.
- Tipo entorno, cuando no hay secuencias predeterminadas y el estudiante elige qué ha de hacer y cuándo lo ha de hacer. Este entorno puede ser:
 - a. Estático, si el usuario sólo puede consultar (y en algunos casos aumentar o disminuir) la información que proporciona el entorno, pero no puede modificar su estructura.
 - b. Dinámico, si el usuario, además de consultar la información, también puede modificar el estado de los elementos que configuran el entorno.
 - c. Programable, si a partir de una serie de elementos el usuario puede construir diversos entornos.
- Tipo sistema experto, cuando el programa tiene un motor de inferencias y, mediante un diálogo inteligente y libre con el estudiante (sistemas dialogales), lo asesora en su aprendizaje. Su desarrollo está muy ligado con los avances en el campo de la Inteligencia Artificial.

1.2 TIPOS DE MECs

Se tiene en cuenta el enfoque educativo que predomina en ellos: algorítmico o heurístico.

- Un MEC de *tipo algorítmico* es aquel en que predomina el aprendizaje vía transmisión de conocimiento, desde quien sabe hacia quien desea aprender y donde el diseñador se encarga de encapsular secuencias bien diseñadas de actividades de aprendizaje que conducen al aprendiz desde donde está hasta donde desea llegar. El rol del estudiante es asimilar el máximo de lo que se le transmite.
- Un MEC de *tipo heurístico* es aquel en el que predomina el aprendizaje experimental y por descubrimiento, donde el diseñador crea ambientes ricos en

situaciones que el estudiante debe explotar conjeturalmente. El estudiante debe llegar al conocimiento a partir de la experiencia, creando sus propios modelos de pensamiento, sus propias interpretaciones del mundo, las cuales puede someter a prueba con el MEC.

1.3 TEORÍAS DEL APRENDIZAJE COMO SUSTENTO AL DISEÑO DE MECs

Las teorías del aprendizaje intentan explicar cómo el ser humano aprende. Su conocimiento es importante en el desarrollo de un material educativo porque dan las pautas para que el material sea realmente didáctico.

1.3.1 Aplicación de las teorías del aprendizaje a la elaboración de MECs

1.3.1.1 Conductismo. La clave para el aprendizaje está en las condiciones externas. Lo fundamental es la programación de eventos que conduzcan a lograr el resultado esperado (respuesta) y el reforzamiento del mismo.

Se deben tener presentes los siguientes aspectos:

- Los módulos de ejercitación y práctica basados en la repetición favorecen la adquisición de habilidades.
- La aplicación de actividades de reforzamiento en forma individual puede nivelar las diferencias de las capacidades de los estudiantes para el aprendizaje.
- La motivación del aprendizaje puede aumentar debido al hecho de que los estudiantes saben inmediatamente si han tenido éxito o no (GALVIS, 2002).

1.3.1.2 Cognoscitivismo. Es una corriente psicológica que busca entender los procesos mentales y las estructuras de la memoria humana. Se centra en el aprendiz dentro de su entorno psicológico y social.

- **Aprendizaje significativo de Ausubel.** Un material educativo computarizado significativo es aquel en el que los conocimientos del maestro son organizados y programados en el computador, de manera reflexiva y racional, para que guíen y orienten el proceso de aprendizaje del alumno que acceda al programa.

En el diseño de un MEC es necesario tener en cuenta:

- Un análisis de las características, los intereses y los conceptos previos de los aprendices para que el estudiante pueda vincular de una manera clara los nuevos conceptos a su estructura cognitiva.
 - Diseñar contenidos que sean importantes y necesarios para el estudiante.
 - Plantear los conceptos de forma que el estudiante pueda relacionarlos con su estructura cognitiva previa.
 - Que el material posea una estructura interna organizada, de manera que sus partes fundamentales tengan un significado en sí y se relacionen entre ellas de un modo lógico.
-
- **Teoría de procesamiento de la información.** Esta teoría resalta la ineficiencia de los modelos educativos, donde el énfasis está en la acumulación de conocimientos y quedan sin atender debidamente la estructuración y el refinamiento del aprendizaje.

Por eso al diseñar un material educativo es necesario:

- Conocer lo que ya saben los alumnos como base para los nuevos conocimientos.
- Procurar no saturar con conceptos nuevos la capacidad de la MCP (memoria de corto plazo) y hacer que estos se asocien con conceptos preexistentes.
- Hacer síntesis periódicas para que se promueva el almacenamiento en la memoria de largo plazo.

- Formular preguntas que promuevan el procesamiento de la información (NAVAS, 2003).

- **Teoría de Interacción entre Aptitud y Tratamiento.** Plantea que existen relaciones entre las aptitudes de los aprendices y la forma de enseñanza que más les favorece.

Un material educativo computarizado es útil para atender las diferencias individuales de los alumnos ya que se puede pensar en tratamientos diferenciales según las aptitudes del aprendiz.

- **Psicología evolutiva de Jean Piaget.** La secuencia de instrucción ha de estar ligada al nivel de desarrollo del individuo y debe ser flexible. Los medios deben estimular experiencias que lleven a preguntar, descubrir o inventar por eso el ambiente educativo es de gran importancia.
- **Teoría de la Gestalt.** Es fundamental la existencia de medios para crear y administrar ambientes educativos ricos en situaciones que sean significantes para los aprendices y relevantes a lo que se aprende.

Hay temas para los que la audiencia no tiene un contexto, en los que la vivencia es fundamental para entender de qué se trata, en los que no basta con oír y ver, sino que se impone hacer. En circunstancias como estas se requerirá que haya actividad de parte del estudiante, explorando, interactuando u observando inquisitivamente ambientes vivenciales. La motivación intrínseca no es innata, hay que despertarla (GALVIS, 2002).

- **Teoría constructivista.** Destaca el papel esencialmente activo de quien aprende.

Los aspectos a considerar son:

- La importancia de los conocimientos previos, de las creencias y de las motivaciones de los aprendices.
- El establecimiento de relaciones entre los conocimientos para la construcción de mapas conceptuales y la ordenación semántica de los contenidos de memoria (construcción de redes de significado).
- La capacidad de construir significados a base de reestructurar los conocimientos que se adquieren de acuerdo con las concepciones básicas previas del sujeto.
- Los aprendices auto-aprenden dirigiendo sus capacidades a ciertos contenidos y construyendo ellos mismos el conocimiento. (VALDERRAMA y NAVAS, 2004).

1.4 INGENIERÍA QUÍMICA

La ley 18 de 1976 reglamentó el ejercicio de la profesión de ingeniero químico, describiendo su campo de acción como consistente de "la aplicación de conocimientos y medios de las ciencias físicas, químicas y matemáticas y de las Ingenierías en el análisis, administración, dirección, supervisión y control de procesos en los cuales se efectúan cambios físicos, químicos y bioquímicos para transformar las materias primas en productos elaborados o semielaborados, con excepción de los químicos farmacéuticos, así como el diseño, construcción, montaje de plantas y equipos para estos procesos, en toda entidad, universidad, laboratorio e instituto de investigación que necesite de estos conocimientos y medios" ¹.

¹Ley 18 de 1976. Citado por CARBALLO, Luis y VARELA, Francisco. Prospectiva tecnológica en Ingeniería Química. Revista Ingeniería e Investigación [en línea] N° 37. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. s.f [citado 10 de octubre de 2005]. ISSN 0120 – 5609. Disponible en Internet: <URL: <http://www.icfes.gov.co/revistas/ingeinve/No37/Art7.html>>.

1.5 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA

La asignatura Introducción a la Ingeniería Química código 21449 ofrecida por la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, tiene como propósito brindar a los estudiantes de Ingeniería Química que inician su formación, un panorama general de la carrera, su aplicación y el campo de trabajo; así como mostrar cuáles son los conocimientos, habilidades y actitudes requeridos para desempeñarse satisfactoriamente en su profesión.

1.6 ÁREAS DEL CONTENIDO DEL MEC PARA LA INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA

El MEC para la Introducción a la Ingeniería Química expone conceptos básicos de las asignaturas de niveles superiores del plan de estudio, a la vez que ofrece una perspectiva del contenido de las mismas.

1.6.1 Medición. La expresión de una magnitud física es lo que se conoce como dimensión. Las dimensiones fundamentales son primitivas, reconocidas mediante nuestras percepciones sensoriales y no definibles en términos de algo más simple, como por ejemplo la longitud, la masa, el tiempo y la temperatura. Su uso, sin embargo, requiere la definición de escalas de medición arbitrarias, divididas en unidades de tamaño específico que se toman como elemento de referencia. Las unidades constituyen por lo tanto el medio para expresar las dimensiones. Comparar una cantidad con su respectiva unidad, con el fin de averiguar cuántas veces la segunda está contenida en la primera, es lo que se conoce como medir.

Cuando se definen las unidades de medida para ciertas magnitudes, es posible definir, a partir de éstas, las unidades correspondientes a otras magnitudes. Las primeras se conocen como magnitudes fundamentales y las segundas como magnitudes derivadas. Sin embargo, el carácter fundamental o derivado de una

magnitud no es propio de ella misma. Un sistema de unidades establece y define con precisión cuáles son las unidades fundamentales. Sin embargo, la existencia de diversos sistemas de unidades hace necesario el empleo de factores de conversión que permiten la coexistencia de todos ellos, así como su uso simultáneo.

Una ecuación que describe un fenómeno debe ser dimensionalmente consistente. Con base en esto se establece un proceso denominado análisis dimensional, mediante el cual se examinan las dimensiones de las variables involucradas en los fenómenos físicos y se busca la obtención de relaciones básicas para su descripción (ÁLVAREZ Y SABOGAL, 1985).

1.6.2 Diseño de experimentos. Busca establecer si unos determinados factores influyen en la variable de interés y cuantificar dicha influencia si está presente. La metodología del diseño de experimentos se basa en la experimentación, pero sabemos que si se repite un experimento, los resultados presentan variabilidad debida a diversos factores y que dicha variabilidad puede ser grande o pequeña. La presencia de esta incertidumbre, propia de un proceso de experimentación, requiere para su tratamiento del uso de poderosas herramientas como la probabilidad y la estadística.

La estadística es la ciencia de recolectar, describir e interpretar datos. El proceso estadístico consiste en una serie de etapas que buscan llegar a un conocimiento sobre los parámetros de una población con un cierto grado de certeza. El proceso se inicia en la población estudio, de donde se obtiene una muestra mediante una técnica de muestreo. A partir de dicha muestra y empleando estimación estadística (estimación puntual) se calculan los estimadores, que constituyen el punto a partir del cual se realiza el proceso de inferencia estadística utilizando las pruebas de hipótesis y la estimación por intervalos de confianza. La probabilidad

aparece como el fundamento de la estadística, principalmente de la estadística inferencial.

La variabilidad presente en los resultados experimentales se debe a la presencia de errores, los cuales pueden ser aleatorios o sistemáticos. Los conceptos de precisión y exactitud están asociados a los tipos de errores y nos permiten hablar de una manera más concreta sobre nuestros resultados experimentales.

Cuando se tienen pares de datos (x, y) como resultado de dos variables cuantitativas medidas experimentalmente, donde x es la variable de entrada o variable independiente y y es la variable de salida o variable dependiente, es de interés establecer si a medida que crece x hay un cambio definido en los valores de y , esto es, si hay correlación o relación entre x y y . En caso de que exista correlación, se busca obtener una ecuación de regresión y hacer predicciones (calcular el valor más probable de y para el valor x de la variable de entrada) (JOHNSON y KUBY, 1999).

1.6.3 Termodinámica. Es una ciencia macroscópica que estudia la energía y sus transformaciones. Las leyes o principios de la termodinámica son de validez general y determinan la naturaleza y los límites de todos los procesos.

Esta ciencia se aplica directamente a la ingeniería química en aspectos como los cálculos de los requerimientos de calor y trabajo para procesos físicos y químicos, la determinación de las condiciones de equilibrio para reacciones químicas y para la transferencia de especies químicas entre fases.

El equilibrio se refiere a una condición en la que no se observan cambios en las propiedades con el tiempo y en la que todos los potenciales que tienden a modificar el sistema son nulos.

El equilibrio termodinámico incluye el equilibrio térmico (asociado con el intercambio de calor y cuya fuerza impulsora es la diferencia de temperatura), el equilibrio mecánico (asociado al intercambio de energía como trabajo, que tiene como potencial una diferencia de presiones) y el equilibrio químico (asociado a la transferencia de masa, que tiene como fuerza impulsora una diferencia de potencial químico) (LEVINE, 1996).

1.6.4 Diagramas de flujo de proceso. Los diagramas de flujo son representaciones gráficas que sirven para definir, especificar y documentar un proceso químico. Existen diversas clases de diagramas de flujo según la necesidad: diseño, estimación de costos, compra, operación y mantenimiento.

1.6.4.1 Diagramas de bloques. Se hace en las etapas iniciales del diseño para dar una mirada global al proceso. El diagrama se construye con bloques rectangulares que representan procesos individuales o grupos de operaciones, junto con las corrientes principales que van entre los bloques y las que entran y salen del proceso. Si se considera conveniente se pueden indicar los flujos o algunas propiedades.

1.6.4.2 Diagramas de proceso (PFD). En ellos el proceso se muestra por medio de los símbolos de los equipos, que se unen mediante líneas y flechas que indican el sentido del flujo de materiales o la secuencia seguida en la transformación de los mismos. Las propiedades y cantidades de cada corriente se pueden colocar sobre el diagrama, o para dar un mejor uso del espacio y mayor claridad se identifica cada corriente con un número o letra y sus propiedades se mencionan en una tabla complementaria adjunta.

1.6.4.3 Diagramas de tubería e instrumentación (P&ID). Son usados para guiar el diseño detallado y la construcción de las plantas de proceso. Muestran todo el equipo, incluyendo los equipos auxiliares instalados, la tubería asociada, válvulas,

instrumentación y aislamiento. En una tabla anexa debe incluirse el tamaño de la tubería, las especificaciones, el número de identificación y se menciona el origen y destino de cada línea (ULRICH, 1986).

1.6.5 Procesos de la industria química. Un proceso es un conjunto de procedimientos realizados para lograr transformaciones físicas, químicas, fisicoquímicas o energéticas.

El ingeniero químico tiene que desarrollar, diseñar y llevar a cabo el proceso, así como el equipo utilizado en el mismo; tiene que elegir las materias primas adecuadas y hacer operar las plantas con eficacia, seguridad y economía.

Los procesos se clasifican según la forma en que se llevan a cabo en:

- Discontinuo: La alimentación o carga del sistema se efectúa al inicio; una vez que finaliza ésta, el equipo trabaja durante un tiempo llamado tiempo de operación, después del cual se descargan los productos. Por consiguiente no hay flujo de materiales durante el tiempo de operación.
- Continuo: La entrada y salida de material se realiza en forma continua, simultáneamente a la operación del proceso.
- Semicontinuo: Ocurre cuando la entrada de materiales al sistema se realiza en forma ininterrumpida, mientras que la descarga de productos no se efectúa hasta que la operación finaliza o viceversa.

Según el comportamiento de las variables durante la operación del equipo un proceso se encuentra en estado estable cuando todas las variables permanecen constantes en el tiempo, de lo contrario se encuentran en estado transitorio.

También se hace una distinción entre los procesos en los que ocurren reacciones químicas y en los que no, también denominados operaciones unitarias (VILLAVICENCIO, DELGADO y QUINTANA, 1997).

1.6.6 Reactores. En la industria de procesos químicos se denomina reactor químico cualquier equipo en donde tiene lugar una reacción química. El reactor químico puede estar sometido a condiciones críticas de presión y temperatura durante su operación, está equipado con la instrumentación necesaria para la medición y control de las variables de operación, y posee elementos para facilitar la transferencia de calor.

Al reactor químico ingresan unas sustancias de partida llamadas reactivos o carga y se busca su transformación en otras sustancias químicas denominadas productos.

Dentro de las funciones del reactor químico se encuentran:

- Propiciar las condiciones de presión, temperatura y composición para que la reacción tenga lugar con la conversión y la velocidad deseadas.
- Permitir el tiempo de contacto suficiente para que los reactivos se transformen en productos en el grado deseado.
- Garantizar las condiciones de mezcla necesarias en la masa reaccionante.

De acuerdo al tipo de operación se da una clasificación bastante amplia en reactores continuos y reactores discontinuos. Dentro de esta clasificación se encuentran los tres tipos básicos de reactores utilizados en la industria de los procesos químicos: discontinuo, continuo de tanque agitado (CSTR) y tubular (RAMÍREZ, 2001).

1.6.7 Operaciones unitarias. Son procesos físicos en los cuales se producen cambios que pueden ser de composición, nivel energético, tamaño y posición.

Las operaciones unitarias se necesitan en la preparación de reactivos, recirculación de corrientes, calentamiento, enfriamiento, separación y purificación de productos (McCABE, SMITH Y HARRIOT, 1991).

Las operaciones más comunes son:

- Transporte de sólidos
- Transporte de fluidos
- Transferencia de calor
- Reducción de tamaño
- Mezclado
- Operaciones de etapas de equilibrio
- Separaciones mecánicas

1.6.8 Balances de masa. Los balances de materia son la aplicación de la ley de conservación de la masa: “la materia no se crea ni se destruye”. Los cálculos de balance de materia constituyen un requisito previo para resolver problemas de cualquier nivel de complejidad en Ingeniería Química.

La aplicación del concepto de balance de masa requiere la delimitación de un sistema para tener claro cuál es el objeto sometido a estudio. El planteamiento de este balance puede hacerse de dos formas:

- Balance total: consiste en aplicar la ecuación básica a las masas totales de cada una de las corrientes que cruzan las fronteras del sistema.
- Balance parcial: consiste en aplicar la ecuación básica a cada uno de los componentes que cruzan las fronteras del sistema, obteniéndose de esta manera tantas ecuaciones de balance como componentes (HIMMELBALU, 1997).

1.6.9 Introducción a HYSYS. HYSYS es un paquete de software desarrollado por Hyprotech para la simulación de procesos de la industria química. Se caracteriza por su interactividad ya que permite modificar las condiciones del proceso en cualquier instante y automáticamente realiza los cálculos mostrando los resultados de inmediato.

En HYSYS se trabaja con casos de simulación, que son el conjunto de paquetes de fluidos, diagramas de flujo y los elementos de los diagramas, que conforman el modelo.

El paquete de fluidos contiene los componentes, el método elegido para la predicción de propiedades físico-químicas y el conjunto de reacciones químicas.

El diagrama de flujo es la colección de elementos (corrientes de masa, de energía y equipos) que tiene un paquete de fluidos común.

HYSYS desarrolla los balances de masa y energía cuando el sistema queda definido.

1.6.10 Transporte de fluidos. Un fluido es un material que es incapaz de soportar un esfuerzo cortante sin deformarse. Un esfuerzo cortante tiene el valor de la fuerza tangencial a la superficie aplicada, dividida por el valor del área de esta última.

Cuando el fluido es newtoniano el esfuerzo (ζ_{yx}) generado cumple la *ley de Newton de la viscosidad*

$$\zeta_{yx} = -\mu (dv_x/dy) \quad (1)$$

La cantidad entre paréntesis es conocida también como velocidad de deformación. En un fluido newtoniano la razón del esfuerzo a la velocidad de deformación es

una cantidad constante conocida como la viscosidad del fluido. A mayor viscosidad es más difícil fluir.

El número de Reynolds es un número adimensional muy importante en el transporte de fluidos ya que permite identificar el régimen de flujo. Mide la razón entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas que actúan sobre un fluido.

Desde el punto de vista macroscópico el movimiento de fluidos se estudia mediante balances macroscópicos de cantidad de movimiento, masa y energía mecánica.

En el caso ideal la energía mecánica total de un flujo incompresible y no viscoso (sin rozamiento) es constante a lo largo de una línea de corriente. Sin embargo, en la mayoría de los casos se deben tomar en cuenta las pérdidas presentes a lo largo de un sistema de flujo, debidas al rozamiento y al paso por accesorios de tubería, entre otras.

El factor de fricción es una cantidad adimensional que está en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería; sirve para calcular las pérdidas de energía mecánica (reflejadas en caídas de presión) en tuberías debidas al rozamiento (DENN, 1980).

2. METODOLOGÍA

La metodología que se presenta a continuación es un modelo para el desarrollo de software educativo fruto de la reflexión e investigación en la elaboración de MECs de diverso tipo y en diferentes niveles educativos (GALVIS, 1992).

En esencia se conservan los grandes pasos o etapas de un proceso sistemático para el desarrollo de materiales (Diseño, desarrollo, prueba y ajuste). Sin embargo, se da particular énfasis a los siguientes aspectos: el estudio de teorías del aprendizaje, como fundamento para el diseño del ambiente educativo; la búsqueda de documentación adecuada y suficiente sobre los temas a tratar para exponerlos con claridad; y el dominio de las herramientas apropiadas para la elaboración de aplicaciones multimedia interactivas.

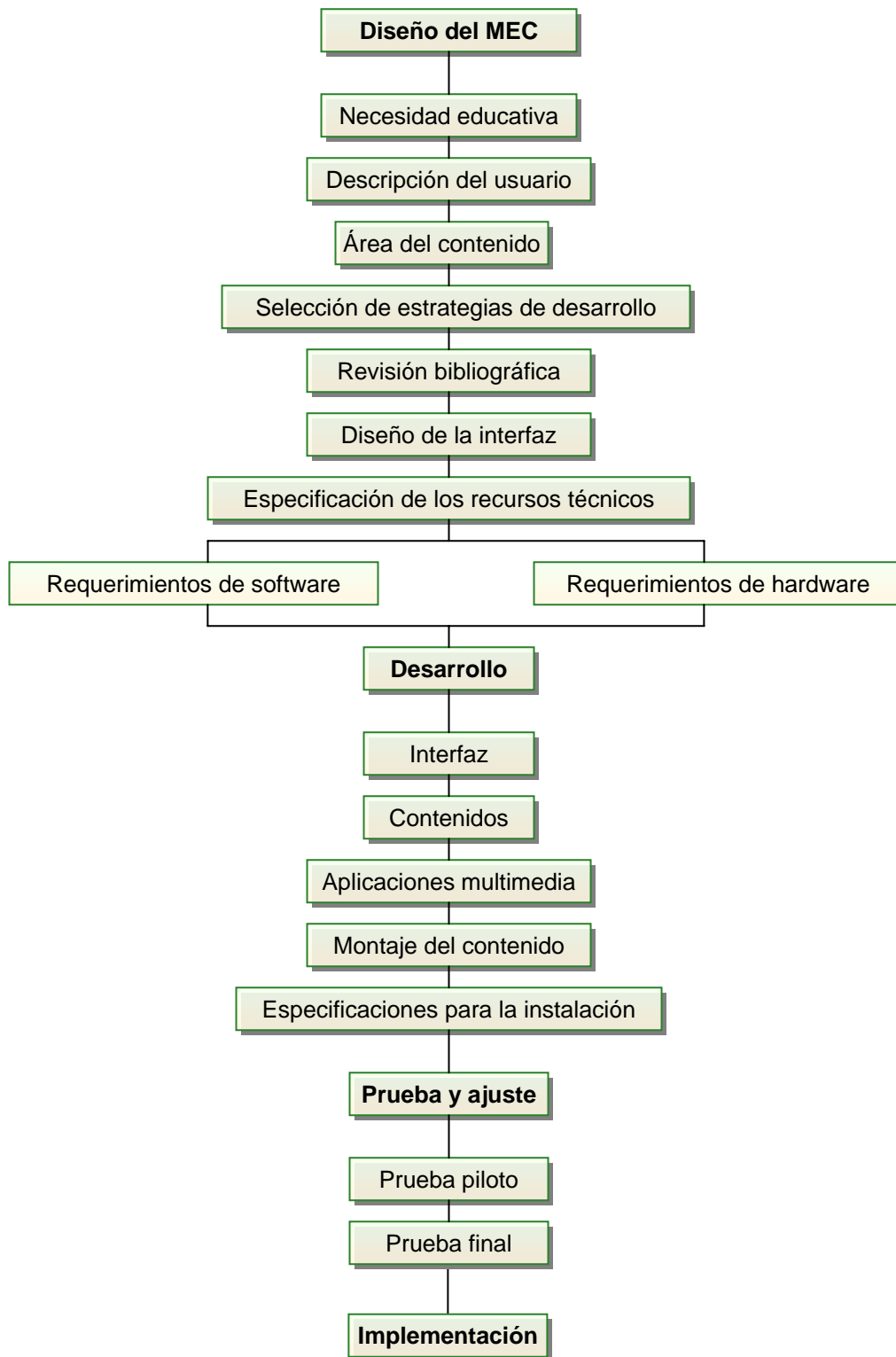
En la Figura 1 se presenta un esquema de las fases del proceso de elaboración del MEC, mostrando los pasos a seguir en cada una de ellas.

2.1 DISEÑO DEL MEC

El diseño es la primera etapa a seguir; en ella se establecen los elementos necesarios para la elaboración del MEC como son el ambiente de aprendizaje, los temas que se van desarrollar, la estructura del material, así como las herramientas computacionales. En términos generales la etapa de diseño consiste en la planeación de las tareas a realizar en la fase de desarrollo.

La fase de diseño está constituida por los siguientes pasos: necesidad educativa, descripción del usuario, área del contenido, selección de estrategias de desarrollo, revisión bibliográfica, diseño de la interfaz y especificación de los recursos técnicos.

Figura 1. Esquema de la metodología



2.1.1 Necesidad educativa. Investigación de los inconvenientes que los estudiantes encuentran en el aprendizaje de la materia y de las condiciones en las que el uso del MEC constituye una herramienta que favorece los procesos de enseñanza-aprendizaje. Se identifica por medio de los aportes de docentes y de los usuarios potenciales. La información dada por los docentes se obtiene por una consulta directa y la de los usuarios potenciales, con la aplicación de una encuesta*.

2.1.2 Descripción del usuario. Se definen las características de la población a la que va dirigido el MEC, como edades, estilos de aprendizaje, nivel de desarrollo cognoscitivo, conocimientos previos, habilidades y destrezas.

Por medio de una encuesta* de preguntas abiertas, aplicada a los estudiantes de la asignatura Introducción a la Ingeniería Química se identifican las características del usuario.

2.1.3 Área del contenido. Se establece el contenido del material y su estructura. El contenido del MEC se define de acuerdo a los temas tratados en la asignatura y aspectos identificados en la necesidad educativa.

El material se estructura por módulos temáticos teniendo en cuenta que los temas a tratar presentan cierta independencia. Se formulan los objetivos específicos de cada módulo y se define su estructura y contenido.

2.1.4 Selección de estrategias de desarrollo. Realizando previamente una revisión de las teorías educativas se establece la estrategia didáctica a utilizar, es decir la forma como se exponen e integran los contenidos con las aplicaciones multimedia. Igualmente se define el enfoque de uso del computador como herramienta de aprendizaje.

* Ver Anexo A

2.1.5 Revisión bibliográfica. Una vez definido el enfoque educativo del MEC, el paso a seguir es realizar una revisión bibliográfica del contenido. Las fuentes que se consultan son libros, manuales, revistas, páginas Web, enciclopedias y los materiales educativos computarizados realizados previamente en la Escuela de Ingeniería Química.

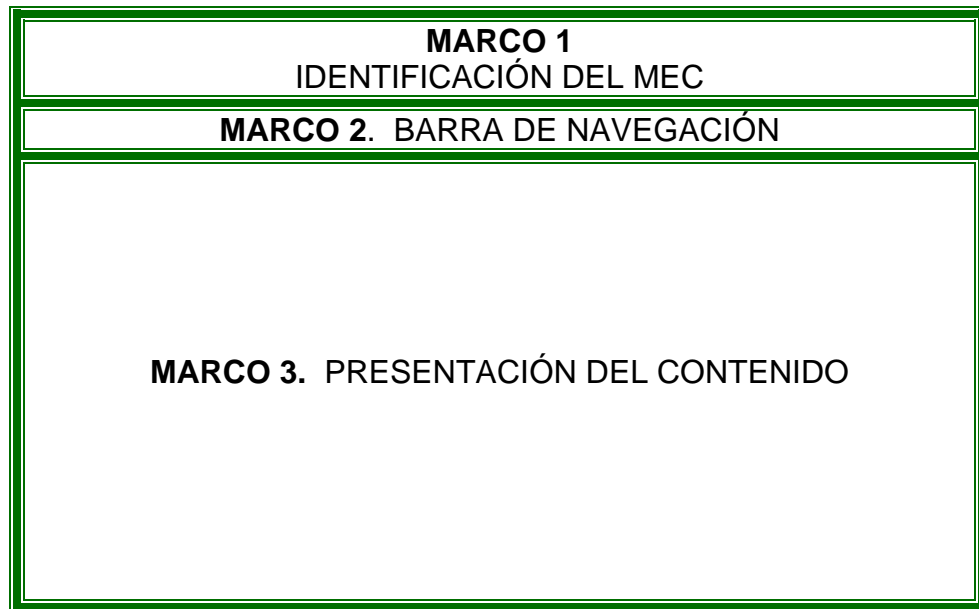
2.1.6 Diseño de la interfaz. Se sigue el diseño propuesto en el MEC “Herramienta computacional para la enseñanza de transferencia de calor en intercambiadores” (VALDERRAMA y NAVAS, 2004).

En la interfaz se tiene en cuenta los parámetros mínimos fijados por la división de Sistemas de Información de la UIS (letra Arial, tamaño mínimo de 10 puntos, fondo blanco, logotipo de la Universidad Industrial de Santander en el extremo superior izquierdo).

El material educativo se elabora en formato html para su publicación en Internet. Se trabaja con tres marcos, el primero está ubicado en la parte superior y contiene la identificación del material y el logotipo de la universidad (con vínculo a la página Web de la universidad); el segundo marco contiene un identificador del módulo y la barra de navegación correspondiente, y el tercer marco presenta el contenido. La distribución de los marcos se muestra en la Figura 2.

2.1.7 Especificación de los recursos técnicos. Se seleccionan los recursos de software y hardware necesarios para elaborar el MEC, dando prioridad a aquellos de fácil acceso, manejo, aplicación y acoplamiento, teniendo en cuenta que se desea un producto terminado liviano, apto para su publicación en Internet; igualmente se busca que el MEC funcione adecuadamente en los computadores disponibles actualmente en la Sala de Cómputo de la Escuela de Ingeniería Química de la UIS.

Figura 2. Distribución de la interfaz del MEC.



Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

2.1.7.1 Requerimientos de software

- Macromedia Dreamweaver MX 2004. Es un editor HTML profesional para diseñar, codificar y desarrollar sitios, páginas y aplicaciones Web. Las funciones de edición visual de Dreamweaver permiten crear páginas de forma rápida, incorporando marcos, barras de navegación, menús desplegables, imágenes y animaciones.

Dreamweaver también proporciona herramientas para optimizar el rendimiento de un sitio Web y probar las páginas para asegurar la compatibilidad con distintos navegadores Web.

- Macromedia Flash MX 2004. Es una herramienta de edición con la que se pueden crear desde animaciones simples hasta complejas aplicaciones Web interactivas. Las aplicaciones de Flash pueden enriquecerse añadiendo

imágenes, sonido y varios efectos especiales que pueden adicionarse a los objetos.

- Macromedia Fireworks MX 2004. Herramienta para diseñar, crear, editar y animar gráficos Web; también permite añadir interactividad avanzada y optimizar imágenes en entornos profesionales. En Fireworks es posible crear y modificar imágenes vectoriales y de mapa de bits en una sola aplicación.

Los elementos gráficos de Fireworks pueden exportarse fácilmente con código HTML y JavaScript adaptado al editor de HTML que se utilice.

- Visual Basic. Es un lenguaje que permite crear aplicaciones para Microsoft Windows. Su principal característica es la interfaz gráfica de usuario (GUI), la cual hace que los programas sean fáciles de usar.

El código de Visual Basic se maneja por medio de eventos lo que indica que está asociado a botones e iconos para manejar eventos específicos como son un clic del ratón u oprimir una tecla.

- Adobe Acrobat 6.0 Professional. Herramienta para la creación de documentos PDF. Al convertir un documento a formato PDF éste retiene la apariencia del documento original sin pérdida de la calidad y puede verse en cualquier sistema operativo utilizando el software libre Adobe Reader.
- Solid Edge V12. Es un sistema de diseño asistido por computador (CAD) para el modelado mecánico de conjuntos y piezas, y la producción de dibujos. El entorno de modelado de piezas de Solid Edge permite construir modelos sólidos tridimensionales con operaciones reales; mientras que el entorno conjunto contiene comandos para el ensamblado de piezas con técnicas naturales de

conjunto, como la coincidencia y el alineamiento, permitiendo el modelado tridimensional de elementos complejos como los equipos de proceso.

- Camtasia Studio 2.0. Software empleado para realizar videos de las actividades desarrolladas sobre el escritorio del computador. Es útil para la producción de contenidos de sitios Web y en el desarrollo de materiales educativos para enseñar a usar determinados programas paso a paso mediante videos.
- Microsoft Visio. Aplicación útil para desarrollar diferentes tipos de dibujos como diagramas de bloques, mapas, planos de construcción y diagramas de ingeniería eléctrica, mecánica y de procesos.
- HYSYS. Es un paquete de software desarrollado por Hyprotech que permite crear simulaciones detalladas y de alta fidelidad de plantas de proceso para el análisis y optimización de su operación.

2.1.7.2 Requerimientos de hardware. Para que el software mencionado en la sección anterior se pueda instalar y funcione adecuadamente es necesario un computador con las siguientes características:

- Procesador Pentium IV, AMD Athlon o superior
- 512 MB de memoria RAM
- Adaptador de gráficos/pantalla con resolución mínima: 1024x768, acelerador OpenGL con 65.536 colores.
- Disco duro de 40 GB
- Fax Módem de 48000 BPS

2.2 DESARROLLO

En esta etapa se construyen y ensamblan los diferentes elementos que conforman el MEC.

La etapa de desarrollo consta de los siguientes pasos: desarrollo de la interfaz, desarrollo de contenidos, desarrollo de aplicaciones multimedia, montaje del contenido y especificaciones para la instalación del MEC

2.2.1 Desarrollo de la interfaz. En formato de página Web se prepara la plantilla en la cual se van a mostrar los contenidos, empleando Dreamweaver Mx 2004.

Primero se elabora el marco 1, empleando las herramientas Fireworks y Flash Mx 2004 para la edición de la imagen y el ajuste de la animación respectivamente.

La barra de navegación ubicada en el segundo marco se construye en Dreamweaver Mx 2004 a partir de iconos elaborados en Fireworks Mx 2004. En el tercer marco se define el formato del texto (fuente, color, tamaño, interlineado y presentación de vínculos). También se construye una tabla que sirve de plantilla para ubicar el contenido y las flechas de navegación del MEC.

2.2.2 Desarrollo de contenidos. Se realiza siguiendo la estrategia didáctica seleccionada, de manera que sea agradable para el usuario pero sin perder su rigurosidad conceptual. Para lograr esto el lenguaje debe ser claro y conciso.

El procedimiento para el desarrollo de contenidos es el siguiente:

- Depurar la información recolectada del material bibliográfico (texto e imágenes) y plantear las posibles imágenes, animaciones y programas que se considere adecuado realizar.

- Digitar en un editor de texto (Microsoft Word) toda la información recolectada, para su posterior organización en un editor html (Dreamweaver MX 2004).
- Seleccionar y definir las palabras que van en el glosario de cada módulo.
- Identificar los términos de las ecuaciones utilizadas en cada módulo y especificar sus dimensiones y significado para la nomenclatura.
- Seleccionar las páginas de Internet que hacen parte de los enlaces.
- Crear los documentos que complementan el contenido central del MEC, los cuales son convertidos en archivos de formato pdf con el programa Adobe Acrobat 6.0 Professional y puestos en la sección de enlaces.
- Recopilar las fuentes bibliográficas consultadas.

2.2.3 Desarrollo de aplicaciones multimedia. Se elaboran los recursos que hacen que el MEC tenga un ambiente de aprendizaje agradable e interactivo.

- Imágenes: creación de ilustraciones y edición de fotos necesarias para complementar determinados temas, empleando Fireworks MX 2004. Las imágenes se trabajan en los formatos gif y jpg ya que proporcionan una buena calidad con un tamaño de archivo ligero.
- Animaciones: elaboración de animaciones interactivas (responden a acciones del usuario) utilizando Flash MX 2004 con formato swf.

Se identifican tres clases de animaciones: las que permiten la exploración y comprensión de contenidos; las de visualización de la estructura y operación de los principales equipos* y los cuestionarios de evaluación.

- Videos: su empleo está enfocado a la creación de un tutorial para la introducción a HYSYS. Se elabora con Camtasia Studio 2.0 mediante la captura en video de

* A partir del modelado de los equipos empleando Solid Edge V12.

las acciones que se hacen en pantalla, mostrando el entorno de HYSYS y los pasos a seguir al desarrollar actividades sencillas.

- Programas: herramientas de cálculo, obtención de curvas de correlación de datos y presentación de la curva normal de error, entre otros, los cuales se elaboran en el lenguaje Visual Basic.

2.2.4 Montaje del contenido. El texto y las aplicaciones multimedia se integran sobre la plantilla Web; y se realizan las actividades que garantizan su operación y funcionalidad, las cuales se mencionan a continuación:

- Colocar los vínculos en las flechas de navegación de cada página para seguir una exploración de acuerdo al desarrollo de los temas.
- Crear enlaces desde elementos ubicados en el contenido central (imágenes, texto, animaciones) que permiten una navegación no lineal.
- Resaltar aquellas palabras ubicadas dentro del texto que van en el glosario y se les coloca su significado en una caja de texto que aparece cuando se posa el ratón sobre la palabra.
- Elaborar los índices de los módulos, el índice principal, la lista de animaciones y la lista de programas.

2.2.5 Especificaciones para la instalación del MEC. Se determinan los requisitos mínimos de software y hardware necesarios para la instalación y correcto funcionamiento del MEC.

2.3 PRUEBA Y AJUSTE

El proceso de evaluación es continuo durante las diferentes etapas de la metodología, sin embargo, una vez terminado el MEC se revisa para asegurar que

todos los componentes funcionen adecuadamente y que no se hayan cometido errores en el contenido temático.

2.3.1 Prueba piloto*. Se realiza para ayudar a la depuración del MEC a partir de su utilización por un grupo de cuatro usuarios, de los cuales dos están cursando la asignatura y los otros dos ya la habían cursado.

El propósito de esta prueba es detectar errores de navegación; en el lenguaje (gramaticales, ortográficos, de redacción); de presentación de imágenes y animaciones, en la operación de los programas y falta de claridad en la exposición del contenido. Igualmente se consulta sobre la calidad del entorno visual y de las aplicaciones multimedia.

Teniendo en cuenta las inquietudes y sugerencias hechas por los usuarios en esta evaluación, se elabora el manual del usuario. Este documento en formato pdf contiene las instrucciones básicas para la instalación y uso del MEC.

2.3.2 Prueba final. Una vez realizadas las correcciones correspondientes de acuerdo a los resultados de la primera prueba, se hace una evaluación final con una muestra representativa de los estudiantes de la asignatura Introducción a la Ingeniería Química para realizar los ajustes finales**. En esta prueba se busca evaluar el impacto inicial del MEC sobre los usuarios para quienes fue desarrollado. Los aspectos a evaluar se señalan en el Cuadro 1.

2.4 IMPLEMENTACIÓN

Consiste en la colocación del MEC al servicio de los usuarios.

* Ver Anexo B

** Ver Anexo C

Cuadro 1. Elementos de evaluación en la prueba final.

Criterio	Indicadores
Facilidad de uso	Navegación correcta Calidad técnica de la barra de navegación Sistema de navegación
Entorno visual	Aspectos gráficos Diseño de pantallas Calidad técnica Calidad estética Formato del texto Estilo del lenguaje
Aplicaciones multimedia	Calidad didáctica Calidad técnica Adecuación al texto
Contenido	Claridad Cobertura Pertinencia
Funcionalidad	Capacidad motivadora del material didáctico Fomento de la iniciativa y del autoaprendizaje Ritmo de aprendizaje Potencialidad de los recursos didácticos Estructura lógica Efectividad
Evaluación	Información de retorno Formulación de preguntas Grado de dificultad

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se describen y analizan los resultados de las etapas de la metodología presentada en el capítulo anterior.

3.1 DISEÑO DEL MEC

3.1.1 Necesidad educativa. Con los aportes de docentes, de estudiantes que cursan la asignatura y de algunos que ya la han cursado, se identificaron los siguientes inconvenientes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Introducción a la Ingeniería Química.

- Ante la diversidad de temas incluidos en el programa del curso, el estudiante requiere apoyarse en varios textos, algunos difíciles de comprender para el nivel en que se encuentra y con una rigurosidad que no permite un proceso de enseñanza-aprendizaje didáctico, dinámico y participativo.
- La mayoría de las fuentes tradicionales de información se encuentran desactualizadas o en proceso de reevaluación.
- No se da el máximo aprovechamiento a las fuentes de información disponibles.
- No existe un acercamiento de los estudiantes a los equipos empleados en los procesos industriales.
- Ausencia de medios que faciliten la ejercitación y autoevaluación por parte de los estudiantes.
- Los estudiantes de primeros niveles no tienen un acercamiento al software de simulación empleado en la Ingeniería Química.

En particular de la encuesta* realizada a los estudiantes que cursaban la asignatura se obtuvo información sobre los temas que presentaban mayor dificultad, siendo necesario exponer con claridad los temas de balances de masa y transporte de fluidos; además se sugirió lo siguiente para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura.

- Afianzar los conceptos
- Emplear material didáctico
- Información clara para los primeros niveles
- Guía de ejercicios
- Aumentar la motivación

Lo anterior indica que un MEC constituye una herramienta que favorece los procesos de enseñanza-aprendizaje, siempre y cuando el profesor asuma un rol de facilitador del conocimiento más que de transmisor; haya motivación y compromiso de los estudiantes para la utilización del MEC y disponibilidad por parte de la institución para su aplicación como complemento de las clases presenciales.

3.1.2 Descripción del usuario. Se identificaron las características de los usuarios a partir de la encuesta* realizada a los estudiantes de la asignatura Introducción a la Ingeniería Química.

- La población de usuarios del MEC tiene una distribución uniforme entre hombres y mujeres.
- La población está conformada en su mayoría por estudiantes de edades entre los 17 y 19 años que han cursado hasta el segundo nivel de la carrera.

* Ver Anexo A

Esto permite asegurar que los usuarios cuentan con conocimientos básicos de cálculo y química necesarios para comprender los temas tratados en el MEC. También se comprueba que los usuarios no han visto ninguna asignatura directamente relacionada con la Ingeniería Química; por lo tanto, el MEC para la asignatura Introducción a la Ingeniería Química será una herramienta útil para aumentar su conocimiento de la carrera.

- Aproximadamente la mitad de la población cuenta con los recursos técnicos y tiene un estilo de aprendizaje que favorece la utilización del material.

3.1.3 Área del contenido. El material educativo computarizado para la Introducción a la Ingeniería Química, está estructurado por módulos que constituyen las unidades temáticas a desarrollar y son los siguientes:

- Medición
- Diseño de experimentos
- Conceptos básicos de termodinámica
- Diagramas de flujo
- Procesos de la industria química
- Reactores
- Operaciones Unitarias
- Balances de masa
- Introducción a HYSYS
- Transporte de fluidos

Cada módulo tiene varios elementos que agilizan la exploración del contenido, indican fuentes que complementan la información y facilitan el aprendizaje. Los elementos presentes en cada módulo dependen de las necesidades del tema.

A continuación se mencionan todos los elementos que pueden estar presentes en un módulo.

- Contenido: Desarrollo de los temas del módulo.
- Índice general: Constituye una referencia al contenido de los módulos que conforman el MEC.
- Índice del módulo: Agrupa los contenidos del módulo permitiendo su manipulación de manera no lineal.
- Lista de animaciones: Se presenta una recopilación de las animaciones del módulo.
- Lista de programas: Se presenta una recopilación de los programas del módulo.
- Nomenclatura: Reúne el significado, dimensiones y unidades de los diferentes términos de las ecuaciones presentes en el módulo.
- Glosario: Compila el significado de una serie de términos considerados importantes para la comprensión del módulo.
- Cuestionario: Colección de preguntas sencillas para la evaluación del aprendizaje de los contenidos del módulo.
- Enlaces: Vínculo a páginas de Internet y archivos complementarios.
- Bibliografía: Agrupa la información (libros, revistas, artículos etc.) que han servido de base para el contenido.
- Manual del usuario. Muestra una guía del manejo del MEC (formato pdf).
- Información. Suministra datos sobre los autores y cómo comunicarse con ellos.

El contenido y objetivos de cada uno de los módulos se presentan en las secciones siguientes.

3.1.3.1 Medición

Cuadro 2. Estructura del módulo: Medición

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Manejar los sistemas de unidades, especialmente el Sistema Internacional SI. • Conocer los métodos de análisis dimensional • Estudiar las principales variables de proceso 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Dimensiones y unidades	Conceptos: medir, dimensión y unidad. Sistemas de unidades: Sistema Internacional, sistema métrico, sistema CGS, sistema inglés. Conversión de unidades
Análisis dimensional	Método de Rayleigh Teorema π de Buckingham
Medición de variables de proceso	Temperatura: escalas de temperatura Presión: presión hidrostática, atmosférica, manométrica, absoluta, de vacío; manómetros Densidad Cantidad de flujo

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.3.2 Diseño de experimentos

Cuadro 3. Estructura del módulo: Diseño de experimentos

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la importancia de la probabilidad y estadística en el manejo de datos experimentales. • Emplear el método de mínimos cuadrados para ajustar datos a modelos lineales, exponenciales, logarítmicos y potenciales • Conocer conceptos asociados con los errores experimentales 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Probabilidad y estadística	Conceptos básicos Muestreo estadístico: muestreo aleatorio simple Estimación estadística: estimadores puntuales Probabilidad: significado de probabilidad, distribuciones de probabilidad y distribuciones de probabilidad normales Estimación por intervalos de confianza Pruebas de hipótesis
Ajuste de datos	Correlación lineal: coeficiente de correlación Regresión lineal: método de mínimos cuadrados Modelos no lineales: exponencial, logarítmico y potencial
Teoría del error	Tipos de errores experimentales: aleatorio y sistemático Precisión y exactitud Propagación de errores

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.3.3 Termodinámica

Cuadro 4. Estructura del módulo: Termodinámica

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Comprender los conceptos de sistema y entorno. • Diferenciar una función de estado de una de trayectoria. • Abstractar, relacionar y manejar los conceptos de temperatura, calor, trabajo, energía interna y entalpía. • Entender y aplicar la primera ley de la termodinámica, para sistemas cerrados y abiertos. 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Sistemas	Definiciones: sistema, frontera, alrededores, universo. Clases de sistemas y de fronteras.
Funciones de estado	Propiedades extensivas e intensivas
Funciones de trayectoria	Trabajo Calor
Leyes de la termodinámica	Ley cero de la termodinámica Primera ley de la termodinámica (sistema cerrado y abierto)
Equilibrio termodinámico	Equilibrio mecánico Equilibrio térmico Equilibrio material
Reversibilidad	Proceso reversible

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.3.4 Diagramas de flujo

Cuadro 5. Estructura del módulo: Diagramas de flujo

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar diagramas de flujo de procesos y de tubería e instrumentación. • Elaborar conceptualmente diagramas de bloques y de flujo de proceso. • Identificar la simbología empleada en los diagramas de flujo de proceso. 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Diagramas de bloques	Definición, características.
Diagramas de proceso (PFD)	Definición y elementos Símbolos de los equipos Sistema de nomenclatura de equipos y corrientes
Diagramas de tubería e instrumentación (P&ID)	Definición y elementos Clases de P&ID Proceso de elaboración

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.3.5 Procesos de la industria química

Cuadro 6. Estructura del módulo: Procesos de la industria química

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> Diferenciar los procesos discontinuos, continuos y semicontinuos Reconocer si un proceso opera en estado estable o transitorio. 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Tipos de proceso	Procesos discontinuos, continuos, semicontinuos Procesos en estado estacionario y transitorio

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.3.6 Reactores

Cuadro 7. Estructura del módulo: Reactores

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> Adquirir los conceptos necesarios para la adecuada comprensión de la operación de los reactores. Estudiar los diferentes tipos de reactores: discontinuo, CSTR y tubular. 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Conceptos previos	Reacción química La velocidad de reacción y la ley de velocidad Tipos de reacciones según: la cantidad de fases presentes, el equilibrio químico, los efectos calóricos Catalizadores
Generalidades de los reactores químicos	Funciones del reactor químico Transferencia de calor en reactores químicos Mezclado
Clasificación de los reactores químicos	Reactores discontinuos: descripción, operación, dificultades de operación y utilización Reactores CSTR: descripción, operación, dificultades de operación y utilización. Reactores tubulares: descripción y modalidades de reactor tubular (de lecho empacado y fluidizado), operación, dificultades de operación y utilización

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.3.7 Operaciones unitarias

Cuadro 8. Estructura del módulo: Operaciones unitarias

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las principales operaciones unitarias más comunes. • Conocer la estructura y operación de los equipos empleados generalmente en la industria química. 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Operaciones de etapas de equilibrio	Explicación de la estructura y funcionamiento de los equipos empleados en las operaciones de: destilación, absorción, secado, lixiviación, cristalización, humidificación, adsorción e intercambio iónico.
Separaciones mecánicas	Descripción del funcionamiento de los equipos empleados en las operaciones de: sedimentación, tamizado, filtración, centrifugación.
Reducción de tamaño	Descripción de la operación de los equipos empleados en las operaciones de: trituración, molienda.
Transferencia de calor	Descripción de la estructura y funcionamiento de los intercambiadores de calor, calderas y evaporadores.
Transporte de sólidos	Descripción del funcionamiento de los equipos más usados.
Transporte de fluidos	Descripción de las bombas, compresores y eyectores.
Mezclado	Descripción del funcionamiento de los equipos más usados.

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.3.8 Balances de masa

Cuadro 9. Estructura del módulo: Balances de masa

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Convertir la composición de una mezcla de fracción (o porcentaje) molar a fracción (o porcentaje) en masa (peso), y viceversa. • Convertir la concentración de un material de una medida a otra. • Plantear la solución de problemas de balance de masa en estado estable y sin reacción química 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Composición de una mezcla	Porcentaje másico, en volumen y molar
Unidades de concentración	Concentración másica y molar Molaridad, molalidad, normalidad, partes por millón
Resolución de problemas de balance de masa	Concepto de balance de masa Selección de la base de cálculo Planteamiento de balances totales y por componentes en estado estable y sin reacción química

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.3.9 Introducción a HYSYS

Cuadro 10. Estructura del módulo: Introducción a HYSYS

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el entorno de HYSYS • Realizar simulaciones sencillas incorporando corrientes másicas, energéticos y equipos. 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Entorno de HYSYS	Creación de un nuevo caso Creación de una lista de componentes Selección de un paquete de fluidos Presentación del entorno de simulación Creación de un conjunto de unidades
Construcción del PFD	Definición de corrientes másicas y energéticas Adición de equipos al PFD Definición de parámetros de equipos en los que no intervienen reacciones químicas.

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.3.10 Transporte de fluidos

Cuadro 11. Estructura del módulo: Transporte de fluidos

Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar los conceptos de fluido, esfuerzo cortante y viscosidad. • Identificar el régimen de flujo según el número de Reynolds. • Resolver problemas aplicando la ecuación de Bernoulli. 	
Contenido	
Tema	Aspectos
Fluidos	Definición de fluido Definición de esfuerzo cortante
Ley de Newton de la viscosidad	Ley de Newton Viscosidad
Régimen de flujo	Experimento de Reynolds Régimen laminar, turbulento y transitorio Número de Reynolds
Balances macroscópicos	Ecuación de continuidad Balance de energía Ecuación de Bernoulli
Pérdidas en tubería	Factor de fricción Cálculo de pérdidas en accesorios

Clemente Contreras, Viviana Sánchez.

3.1.4 Selección de estrategias de desarrollo. Los temas se desarrollan aclarando los conceptos importantes y necesarios para el estudiante, de forma tal que pueda relacionarlos con su estructura cognitiva previa.

El ambiente de aprendizaje se construye a partir de la integración de los componentes (texto, imágenes, animaciones, programas) buscando favorecer la asimilación de la información y la motivación del aprendiz.

Los cuestionarios de evaluación se desarrollan buscando que los estudiantes sepan inmediatamente qué aspectos han aprendido y cuáles deben reforzar.

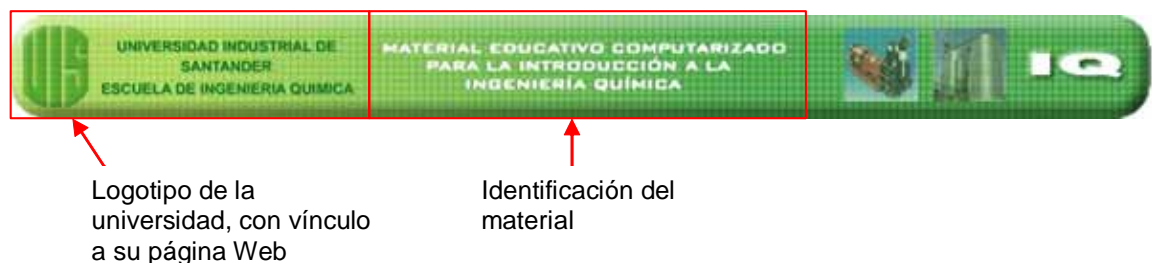
El material se elabora con un enfoque heurístico, donde el aprendizaje se produce a partir de situaciones en las que el aprendiz experimenta, clasifica y descubre aquello que interesa aprender siguiendo diferentes rutas según su libre elección.

3.2 DESARROLLO

3.2.1 Desarrollo de la interfaz. Se elaboran los elementos gráficos de cada uno de los marcos.

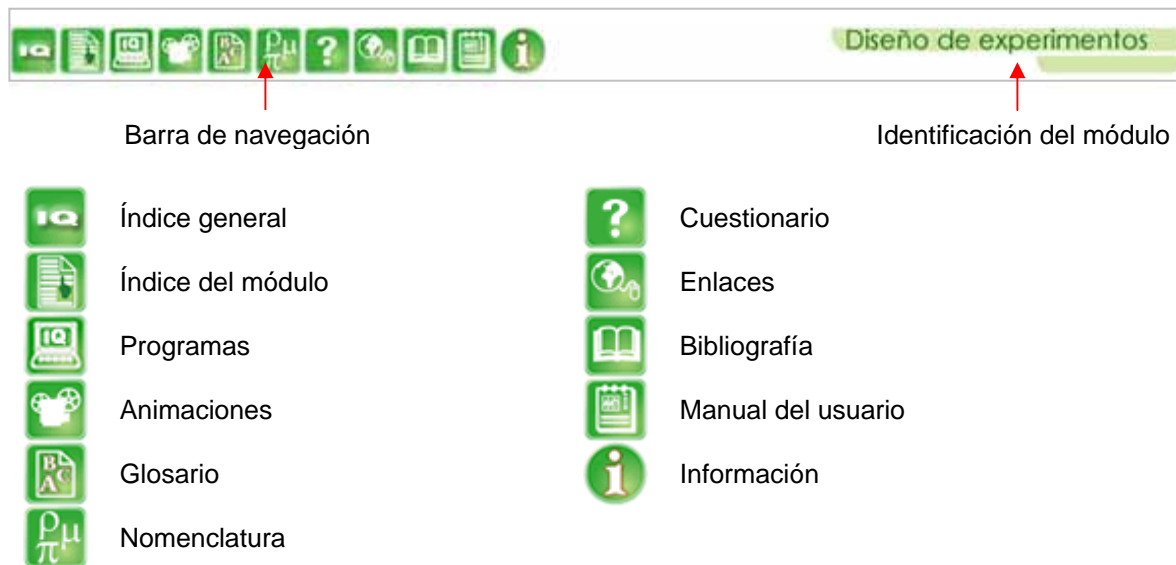
3.2.1.1 Marco 1. En la Figura 3 se muestra la barra de identificación del MEC diferenciando sus elementos.

Figura 3. Presentación del marco 1.



3.2.1.2 Marco 2. Los elementos del marco 2 se presentan en la Figura 4.

Figura 4. Presentación del marco 2.





3.2.1.3 Marco 3. Consta de una tabla de diseño sobre la que se presenta el contenido (Figura 5). El estilo para el texto se define de la siguiente manera:

La fuente empleada es Arial con tamaño de 14 píxeles, de color negro para los párrafos y de color verde en negrita para los encabezados. Los vínculos en medio de los párrafos van de color verde y al colocar el ratón sobre ellos se subrayan. Las palabras que aparecen de color azul, tiene la característica de que cuando se coloca el ratón sobre ellas muestran su significado o alguna nota aclaratoria.

La interfaz del material por marcos, facilita la exploración y mejora la velocidad de acceso a las páginas de contenido dentro de un mismo módulo; ya que al estudiar determinado módulo el marco 2 permanece invariante con las herramientas correspondientes y solamente el marco 3 es el que se modifica.


Figura 5. Presentación del marco 3.

Flechas de navegación  

Operación de un reactor tubular ← Encabezados

El reactor tubular normalmente opera en estado estacionario, con una alimentación continua de reactivos por un extremo, al tiempo que los productos se recogen de manera continua por el otro. El régimen no estacionario ocurre al inicio o al final de la operación, tal como sucede con un **CSTR** ← Vínculo

Animación





Operación de un reactor tubular con chaqueta

La reacción ocurre en fase gaseosa y la conversión de reactivos a productos se aprecia por el gradiente de color. La reacción necesita energía, la cual es suministrada por un fluido de calentamiento que circula por la chaqueta

Definición →

Dado que un reactor PFR usualmente se diseña bajo la suposición de **flujo pistón**, es muy importante garantizar esta condición durante la operación del reactor. Cuando se da este régimen el fluido tienen igual **tiempo de residencia**. El flujo pistón ocurre cuando se trata de fluidos de baja viscosidad, como los gases en régimen turbulento, o en el caso de flujo a través de un lecho empacado.

3.2.2 Desarrollo de aplicaciones multimedia. Para cada uno de los temas tratados se crearon elementos que complementan las explicaciones textuales y propician que el ambiente del MEC sea agradable y motivante.

3.2.2.1 Animaciones. Se elaboraron teniendo en cuenta dos aspectos: gráfico y funcional.

En cuanto a la parte gráfica, se manejaron los colores con el fin de facilitar la identificación de elementos presentes en situaciones complejas, por ejemplo las partes de un equipo. Las dimensiones de las animaciones se ajustaron a la pantalla para una mayor comodidad del usuario.

Las animaciones se realizaron con el propósito de ilustrar situaciones que no son fáciles de detallar en la vida real, por ejemplo el funcionamiento y operación de los equipos; también se emplearon para aclarar conceptos. El usuario tiene la libertad de explorar la animación a su ritmo por ejemplo las que se desarrollaron para explicar algunos procesos de la industria química.

3.2.2.2 Programas. Son archivos ejecutables realizados ya sea para calcular, ilustrar conceptos o comparar situaciones para obtener conclusiones. Por ejemplo el programa de ajuste de datos, el cual toma una serie de parejas de datos suministrados por el usuario y busca ajustarla a diferentes modelos de correlación de datos de dos parámetros observando su comportamiento gráficamente.

Son importantes porque el usuario tiene libertad de definir los parámetros bajo los cuales establece comparaciones.

3.2.2.3 Cuestionarios. Son aplicaciones de Macromedia Flash MX 2004 en las que el usuario interactúa con la aplicación para proporcionar una respuesta. Se presentan cinco tipos interacciones de aprendizaje^{*}:

- **Verdadero o falso.** En este tipo de interacción, el usuario responde a una pregunta seleccionando con un botón de opción entre verdadero o falso.
- **Selección múltiple.** El usuario responde a una pregunta con varias opciones de respuesta. En algunos casos pueden haber varias respuestas correctas.
- **Rellenar el espacio en blanco.** El usuario escribe una respuesta que se compara con frases coincidentes.
- **Arrastrar y colocar.** El usuario responde a una pregunta arrastrando uno o más objetos de la pantalla a un destino.
- **Objeto activo.** El usuario responde haciendo clic en uno o varios objetos de la pantalla.

* Ver Anexo D

Estos cuestionarios son de fácil manejo y estéticamente agradables. Permiten evaluar el aprendizaje rápidamente y en forma objetiva identificando los errores cometidos; por lo tanto le dan al usuario elementos de juicio sobre los temas que debería reforzar y los conceptos que tiene claros.

3.2.2.4 Videos. Constituyen un material didáctico en tiempo real, sobre el proceso a seguir para realizar simulaciones sencillas con HYSYS. La ubicación del usuario en el entorno del programa y la asimilación del procedimiento a seguir para su uso, son favorecidos por este tipo de ayudas ya que el usuario puede aprender rápidamente por imitación de las acciones realizadas en el video.

3.2.3 Montaje del contenido. El producto de esta etapa es el material educativo computarizado terminado y listo para ser sometido a un proceso de prueba y ajuste.

3.2.4 Especificaciones para la instalación del MEC. EL MEC está elaborado para funcionar con el sistema operativo Windows 2000 o superior.

La ejecución de las aplicaciones hechas en Visual Basic requiere la instalación de ciertos controles ActiveX; para la correcta visualización de los archivos en formato pdf se requiere la instalación del software Adobe Acrobat Reader 7.0 y para la visualización de las animaciones es necesario el programa Flash Player 7.0.

Para facilitar la instalación de todos estos componentes se elaboró un paquete de instalación, que se ejecuta automáticamente al insertar el CD de instalación del MEC en el equipo.

Los requerimientos de hardware son los siguientes:

- Procesador Pentium III, 1.5 GHz

- 224 MB de memoria RAM
- Espacio en disco duro de 0.5 GB

3.3 PRUEBA Y AJUSTE

Durante el desarrollo de las etapas anteriores se realizó una revisión continua de los avances de material realizándose las correcciones correspondientes; sin embargo, al finalizar el proceso de montaje es necesario verificar la operabilidad del MEC en su totalidad y el impacto inicial sobre la población de usuarios.

3.3.1 Prueba piloto*. La realización de esta prueba condujo a la localización, revisión y corrección de errores de navegación, del lenguaje y de operación de los programas y animaciones.

En cuanto a la evaluación del entorno visual y las aplicaciones multimedia, se hicieron correcciones en el tamaño e interlineado del texto, la calidad de las imágenes, el tamaño de algunas animaciones y algunas correcciones en la formulación y presentación de las preguntas.

Los elementos de la interfaz y las animaciones fueron de agrado para los usuarios evaluadores quienes además destacaron el papel del MEC como ayuda didáctica.

3.3.2 Prueba final. Los resultados de esta prueba se presentan en el Anexo C. A continuación se mencionan las conclusiones de cada uno de los criterios a evaluar en la prueba.

- **Facilidad de uso.** Se puede navegar a través del material según las preferencias del usuario, ya sea siguiendo un sistema de navegación lineal

* Ver Anexo B

acorde a la forma como se estructuran los temas en el índice; ó siguiendo un sistema no lineal según los intereses de aprendizaje.

El MEC cuenta con diferentes elementos que facilitan su exploración, como son las flechas de navegación, los vínculos dentro del texto y los elementos de la barra de navegación.

- **Entorno visual.** El diseño gráfico de la interfaz es agradable a los usuarios, ya que prácticamente la totalidad manifestó que las pantallas son atractivas y claras. También se destaca la calidad de las imágenes y el manejo de los colores.

La calidad y claridad del lenguaje con que se exponen los contenidos fue calificada como muy buena por el 85% de los usuarios.

- **Aplicaciones multimedia.** Todos los usuarios afirmaron que las imágenes y animaciones ayudan a comprender los temas desarrollados. Esto es un claro indicio de la utilidad de un material educativo computarizado como herramienta complementaria del aprendizaje, siempre y cuando se maneje una alta calidad en las animaciones.
- **Contenido.** El MEC hace que los contenidos presentados adquieran un alto grado de claridad y por lo tanto facilita su comprensión. Además el tratamiento de los temas permite, en la mayoría de los casos, aprender conceptos que no se habían asimilado anteriormente.
- **Funcionalidad.** La gran mayoría de los usuarios destaca que el proceso de enseñanza-aprendizaje puede darse de una mejor manera si se cuenta con el apoyo del computador. Igualmente consideran que es estimulante utilizar el MEC para la Introducción a la Ingeniería Química y que además, éste les permite avanzar de acuerdo a su propio ritmo y sentirse en capacidad de aplicar los

conocimientos adquiridos, por lo cual es una herramienta que favorece el proceso de autoaprendizaje.

Los usuarios reconocen que el MEC no es imprescindible para aprender los contenidos tratados, lo cual está de acuerdo con la visión de estos materiales como herramientas complementarias y de ayuda.

- **Cuestionarios de evaluación.** Los usuarios consideran que las preguntas se formulan con un nivel de dificultad acorde a lo enseñado, que el tipo de preguntas es apropiado y que sirven de indicadores del nivel de aprendizaje.

Sin embargo manifestaron que al equivocarse al responder los cuestionarios, el MEC no proporcionaba directamente la justificación de la respuesta. Esta característica hace que el estudiante necesite hacer una revisión del contenido para que él mismo encuentre la explicación de su error.

3.4 IMPLEMENTACIÓN

El material educativo computarizado para la Introducción a la Ingeniería Química estará disponible para los estudiantes de la carrera en la sala de cómputo de la Escuela de Ingeniería Química de la UIS.

Buscando garantizar que el material sea útil para un mayor número de usuarios y que esté disponible en cualquier momento, se montará en un servidor Web para su acceso a través de Internet*.

* <http://ceiam.uis.edu.co/cursocontrol/recursos.html>

4. CONCLUSIONES

- El impacto inicial del MEC en los estudiantes de la asignatura Introducción a la Ingeniería Química fue positivo, ya que en la prueba final manifestaron un interés por continuar con su empleo como herramienta complementaria.
- El material educativo computarizado para la Introducción a la Ingeniería Química es una herramienta complementaria de las clases presenciales que mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje. En cuanto a la enseñanza es ventajoso por la incorporación de aplicaciones multimedia que facilitan la explicación de conceptos y la ilustración de situaciones que no son fáciles de detallar en la vida real. Favorece el aprendizaje de los estudiantes ya que les permite avanzar con un ritmo propio, se maneja un lenguaje acorde a su nivel de formación y se presentan medios que facilitan la autoevaluación.
- Para elaborar un MEC de calidad es necesario seguir una metodología definida, que involucra componentes pedagógicos, de contenidos del material y de manejo de software. Las estrategias pedagógicas son importantes para garantizar un adecuado proceso de enseñanza-aprendizaje; el contenido es el cuerpo del material, debe ser claro, completo y bien estructurado; las herramientas de software permiten crear un entorno motivador, rico en aplicaciones multimedia, donde se integran los componentes pedagógicos con los contenidos.
- El MEC es de fácil acceso para los estudiantes de la asignatura Introducción a la Ingeniería Química porque pueden utilizarlo tanto dentro de la universidad (Sala de cómputo de la Escuela de Ingeniería Química) como fuera de ella a través de Internet.

5. RECOMENDACIONES

- Dada la frecuencia con la que se realizan materiales educativos computarizados en la Escuela de Ingeniería Química es conveniente estandarizar aspectos de presentación (la interfaz gráfica, que se elabore en formato de página Web), la forma de acceso, así como el formato de las pruebas que se realizan con los estudiantes de la asignatura para la que fue diseñado. Esto facilitaría su reconocimiento por parte de los estudiantes y favorecería su aplicación.
- La integración del MEC con el desarrollo de las clases se facilitaría si el curso estuviese montado dentro de una plataforma de teleformación, desde donde se complementa con herramientas propias de un entorno virtual de aprendizaje como son los foros, las listas de discusión, el chat y el correo electrónico.
- El tiempo de elaboración de un material educativo computarizado como un proyecto de pregrado no es suficiente para realizar una evaluación del impacto del MEC en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que se necesitaría un seguimiento de mínimo un semestre después de iniciada la aplicación del material. Sería adecuado que la Escuela de Ingeniería Química desarrollara este proceso de evaluación para obtener conclusiones generales sobre el uso de MECs en las asignaturas de la carrera.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ CIFUENTES, Mario y GONZÁLEZ SABOGAL, César. Estequiometría. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1985. 201 p.

ARDILA GUALDRON, Nury Hydée y MERCHAN COGUA, Edgar Andrés. Desarrollo de un material educativo computacional (MEC) para uso en la enseñanza de transferencia de masa, específicamente en las operaciones de absorción y desorción. Bucaramanga, 2004, 119 p. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química.

BELTRÁN, Margarita; DELGADO, María y QUINTANA, María. Introducción a la Ingeniería Química. 1 ed. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 1997. 144 p.

CARBALLO, Luis y VARELA, Francisco. Prospectiva tecnológica en Ingeniería Química. Revista Ingeniería e Investigación [en línea] N° 37. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. s.f [citado 10 de octubre de 2005]. ISSN 0120 – 5609. Disponible en internet: <URL:<http://www.icfes.gov.co/revistas/ingeinve/No37/Art7.html>>.

DENN, Morton M. Process fluid mechanics. United States: Prentice-Hall, 1980. p. 29 - 49, 79 - 94.

FOGLER, H. Scout. Elementos de Ingeniería de las reacciones químicas. 3 ed. México: Pearson Educación, 2001. 968 p.

GALVIS PANQUEVA, Álvaro. Ingeniería de software educativo. Bogotá : Uniandes, 1992. 358 p.

HIMMELBLAU, David. Principios básicos y cálculos en Ingeniería Química. 6 ed. México: Prentice-Hall, 1997. 749 p.

HYPROTECH. User Guide HYSYS 3.1. s.l 2002. 458 p.

JOHNSON, Robert y KUBY, Patricia. Estadística elemental. Lo esencial. 2 ed. Bogotá: Internacional Thomson Editores, 1999. 329 p.

KERN, Donald. Procesos de transferencia de calor. México: McGraw-Hill, 1999. p. 149-170, 523-560.

LEVINE, Ira. Fisiscoquímica. 4 ed. España: McGraw-Hill, 1996. p. 1-139. v 1.

MARQUÉS, Pere. El software educativo [en línea]. Facultad de Filosofía y letras. Universidad Nacional Autónoma de México. Barcelona. Disponible en Internet: http://www.filos.unam.mx/POSGRADO/seminarios/pag_robertp/paginas/soft-edu.htm, 1999. - [citado 2 febrero 2005].

_____ Metodología para la elaboración de software educativo. En Software Educativo: Guía de uso y metodología de diseño.[en línea]. 2 ed. Barcelona: Editorial Estel. Disponible en Internet: <http://www.blues.uab.es/home/material/programes/t023151/uabdisof.htm> 1995.

McCABE, Warren; SMITH, Julian y HARRIOT, Peter. Operaciones unitarias en Ingeniería Química. 4 ed. España: McGraw-Hill, 1991. p. 295-1121.

NAVAS IANNINI, Luis Alejandro. Producción de software educativo [en línea]. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios. <http://academia.uniminuto.edu/docentes/modulos/produccionsoftweduc1.pdf>. 29-Jan-2003.

NOGUERA, Margalida; POLÍN, Cristina y SALINAS IBÁÑEZ, Jesús. El interfaz de usuario [en línea]. Facultad de Filosofía y letras. Universidad Nacional Autónoma de México. s.l. Disponible en Internet: http://www.filos.unam.mx/POSGRADO/seminarios/pag_robertp/paginas/interfaz.htm. s.f. - [citado 15 octubre 2004].

PALOMINO CABALLERO; Eduard Augusto e IBARRA PRADO, Francis Guillermo. Reestructuración del material educativo computarizado para Termodinámica Química I. Bucaramanga, 2004, 98 p. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química.

PERRY, Robert H. y GREEN, Don W. Manual del Ingeniero Químico. 7 ed. Madrid: McGraw-Hill, 2001. 4 v.

RAMÍREZ GARCÍA, Álvaro. Introducción al diseño de reactores químicos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2001. 97 p.

ULRICH, Gael. Diseño y economía de los procesos de Ingeniería Química. México: Interamericana, 1986. p 1-288.

VALDERRAMA SÁNCHEZ, Gladys Milena, y NAVAS VILLAMIZAR, Oscar Armando. Herramienta computacional para la enseñanza de transferencia de calor en intercambiadores. Bucaramanga, 2004, 114 p. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química.

ANEXOS

Anexo A. Encuesta para identificar aspectos de la necesidad educativa y las características del usuario.

Encuesta

DISEÑO DE UN MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO (MEC) PARA LA INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA

Esta encuesta se hace con el fin de caracterizar la población a la cual está dirigido el MEC, de manera que el producto final cumpla las expectativas de profesores y estudiantes.

Descripción del usuario

Edad: _____

Sexo: M F

Materias cursadas: Marque con una X las asignaturas vistas

Calculo I	<input type="checkbox"/>	Metodología de la Investigación	<input type="checkbox"/>
Álgebra Superior	<input type="checkbox"/>	Bases Informáticas	<input type="checkbox"/>
Química General	<input type="checkbox"/>	Electromagnetismo	<input type="checkbox"/>
Metodología del Aprendizaje	<input type="checkbox"/>	Laboratorio I de Física	<input type="checkbox"/>
Mecánica	<input type="checkbox"/>	Cálculo III	<input type="checkbox"/>
Cálculo II	<input type="checkbox"/>	Fisicoquímica I	<input type="checkbox"/>
Química General II	<input type="checkbox"/>	Laboratorio de Química General II	<input type="checkbox"/>
Laboratorio de Química General	<input type="checkbox"/>	Estequiometría	<input type="checkbox"/>
Geometría Descriptiva I	<input type="checkbox"/>		

Otras: _____

Metodología de estudio

- En su estudio de la asignatura, ¿tomó como base solamente las enseñanzas del profesor?

Sí No

- ¿Asistió frecuentemente a esta clase? Sí No ¿Por qué?

- ¿Tiene acceso a un computador fácilmente? Sí No

- ¿Utiliza la Internet como herramienta complementaria para su aprendizaje? Sí No

Contenido de la asignatura

- Describa brevemente el contenido de la asignatura

- ¿Esta asignatura le sirvió para tener una visión de la Ingeniería Química y confirmar su vocación profesional? ¿Por qué?

- ¿Cuáles temas le presentan mayor dificultad?

- ¿Cuáles temas le llamaron más la atención?

- ¿Qué aspectos en la metodología de la enseñanza de la materia cree que necesitan ser mejorados?

Esta encuesta fue realizada los días 26 y 27 de Julio de 2004; se aplicó en una muestra de 18 estudiantes de la asignatura Introducción a la Ingeniería Química

Resultados de la encuesta

Figura A1. Temas que ofrecen mayor dificultad a los estudiantes

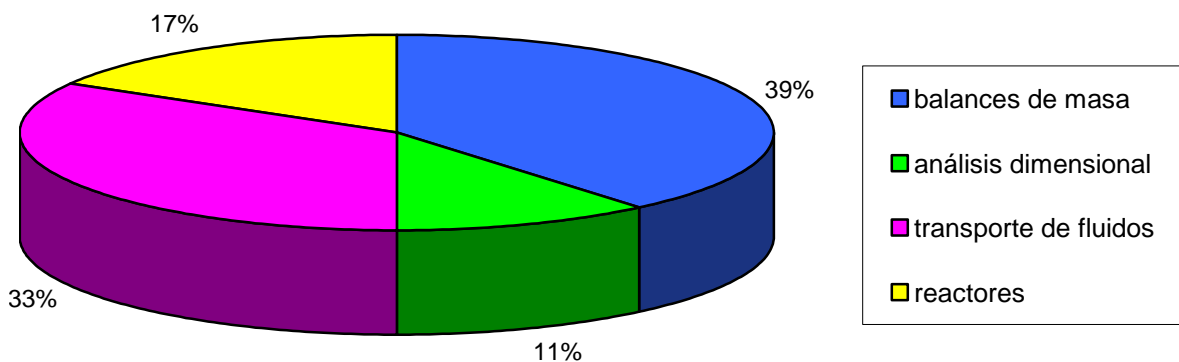
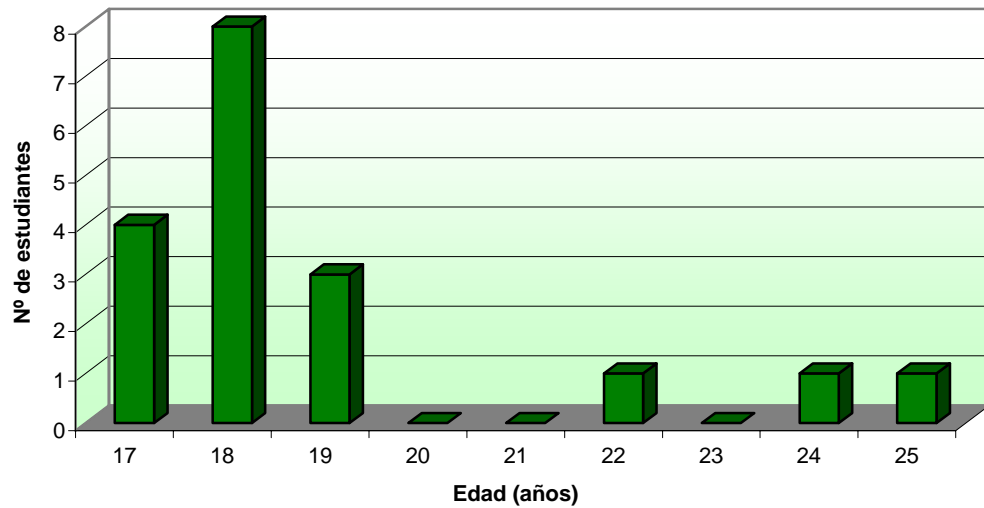
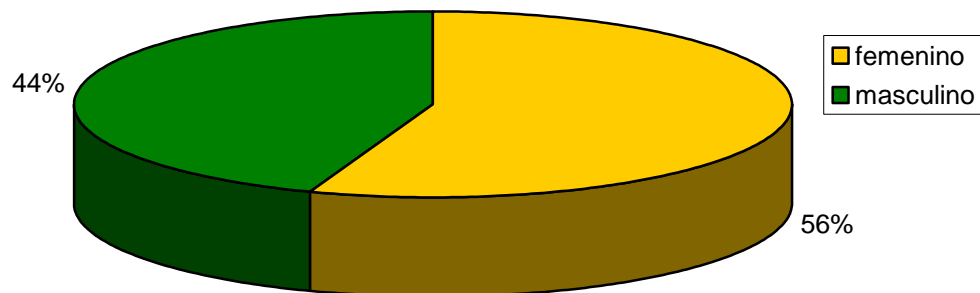


Figura A2. Distribución de los usuarios por edad



La edad promedio de los estudiantes que cursan la asignatura es de 19 años, sin embargo como se aprecia en la Figura A2 existen valores extremos que afectan este valor. Como ésta distribución es sesgada, es conveniente tomar la moda (18 años) como la edad representativa de la población.

Figura A3. Distribución de los usuarios por género



La población tiene una distribución uniforme por géneros, según lo muestra el diagrama pastel de la Figura A3.

Figura A4. Acceso de los usuarios a un computador

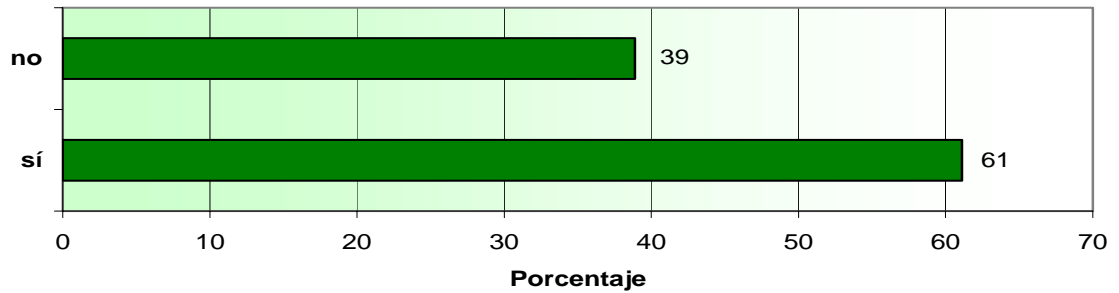
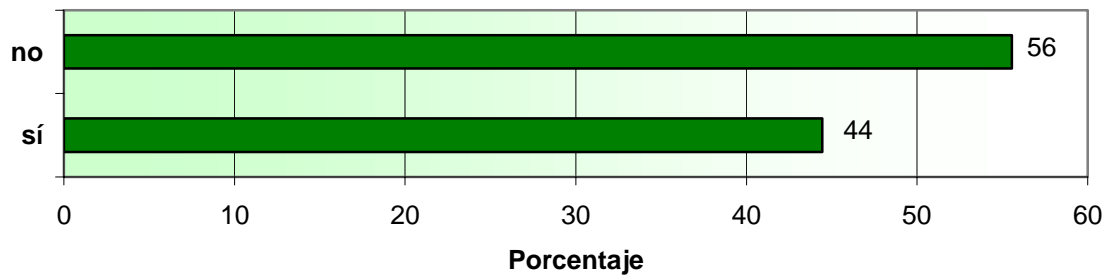


Figura A5. Uso de Internet por parte de los usuarios como herramienta

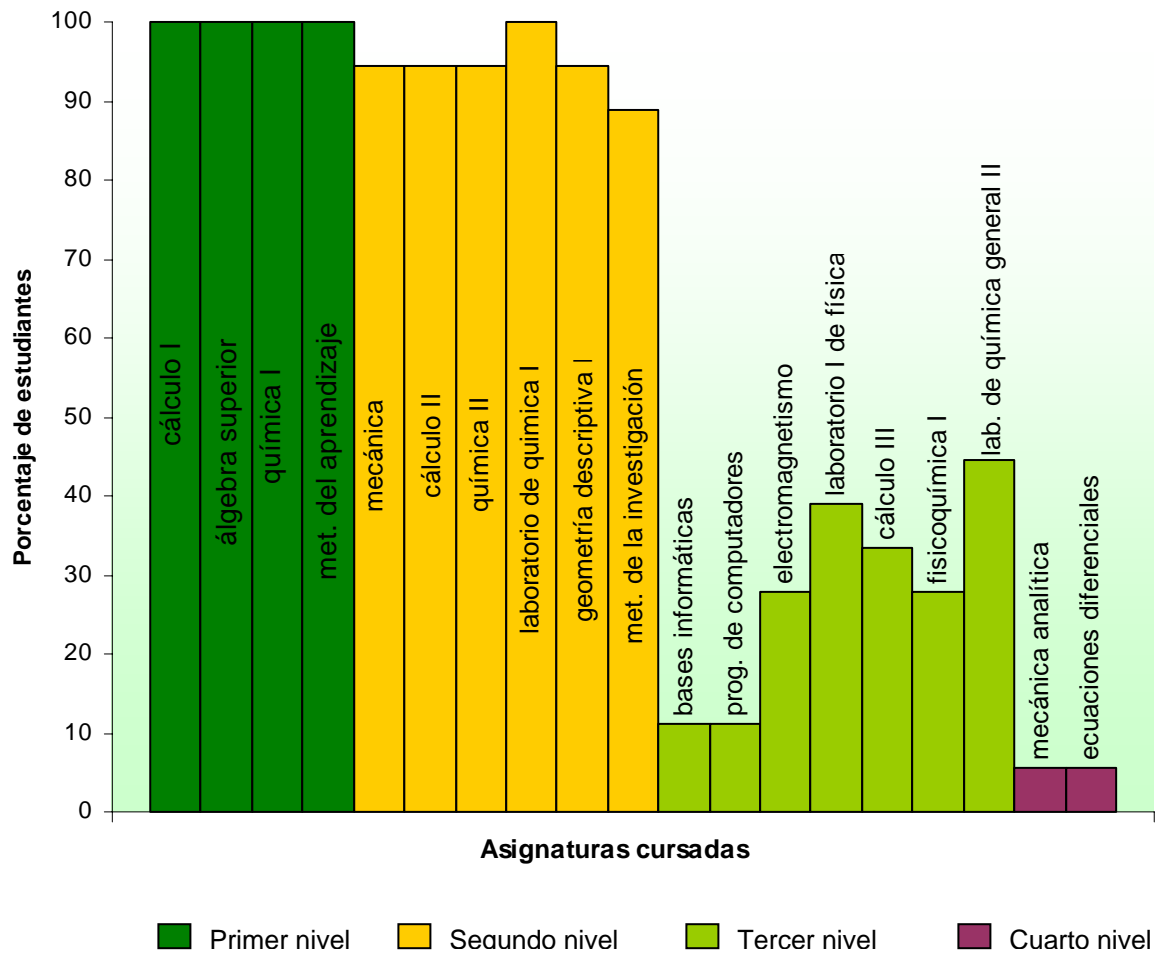


El 61% de los encuestados manifestaron tener fácilmente acceso a un computador (Figura A4), por lo que éste porcentaje de la población podría emplear el MEC regularmente.

El 44% de los usuarios encuestados emplean la Internet como herramienta para complementar su aprendizaje, lo que indica que aproximadamente la mitad de la población tiene disposición de emplear materiales educativos en línea. Sin embargo, dada la facilidad creciente de acceder a un computador y a Internet, es de esperarse que la tendencia de estos resultados con el tiempo se incline a favor de herramientas educativas computarizadas.

Según la Figura A6, casi la totalidad de los estudiantes han cursado las asignaturas del pensum hasta el segundo nivel.

Figura A6. Conocimientos previos de los usuarios



Otros resultados de la encuesta indican que la mayoría de los estudiantes complementan la información dada por el profesor en clase y asisten a la misma por interés y buscando una mayor comprensión de los contenidos.

Anexo B. Prueba Piloto del MEC

MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO PARA LA INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA PRUEBA PILOTO

Objetivo: Obtener información acerca de posibles errores funcionales y de operación; así como evaluar la calidad del entorno visual y de las aplicaciones multimedia del MEC.

1. Identifique errores en las flechas de navegación y en los vínculos presentes dentro del contenido.

Error A. El vínculo conduce a una página no existente.

Error B. El vínculo conduce a una página que no corresponde.

Error C. No existe un vínculo en zonas claramente destinadas para este propósito (Por ejemplo flechas de navegación).

Error D. El vínculo se abre en un marco inapropiado o en una ventana nueva.

Señale el tipo de error y especifique su ubicación dentro del MEC.

2. Identifique los errores del lenguaje

Error E. Gramaticales

Error F. Ortográficos

Error G. De redacción

Error H. Falta de claridad en la exposición del contenido

Señale el tipo de error y especifique su ubicación dentro del MEC.

3. Señale los errores de operación.

Error I. En el funcionamiento de los programas

Error J. En la presentación de imágenes

Error K. En la presentación de animaciones

Señale el tipo de error y especifique su ubicación dentro del MEC.

4. Evaluación del entorno visual

Seleccione la opción que considere conveniente.

Enunciado	Respuestas
Por lo general las pantallas presentan un exceso de texto	No
	Sí
	A veces
Tienen las pantallas un diseño claro	No
	Sí
	A veces
Es atractivo el diseño de las pantallas	No
	Sí
	A veces
La calidad técnica de la barra de navegación es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
La calidad estética de los botones	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
La adecuación de las imágenes y gráficos al texto es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala

5. Evaluación de las aplicaciones multimedia

Seleccione la opción que considere conveniente.

Enunciado	Respuestas
La calidad de las animaciones es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
La calidad de las imágenes es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
La facilidad de uso de los programas es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala

De su opinión sobre los cuestionarios de evaluación en los siguientes aspectos:

- Errores en la presentación y navegación a través del cuestionario.
- Formulación de las preguntas y las respuestas

6. Sugerencias.

Anexo C. Prueba Final

Cuestionario

MATERIAL EDUCATIVO COMPUTARIZADO PARA LA INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA QUÍMICA PRUEBA FINAL

Objetivo: Obtener información acerca de diversos aspectos didácticos involucrados en el MEC que acaba de utilizar.

Instrucciones: A continuación aparece un conjunto de enunciados relativos al material educativo computarizado que utilizó. Interesa saber que opina sobre cada afirmación. Su opinión sincera es muy importante.

I. Basese en la siguiente escala para valorar cada enunciado:

- 5 Acuerdo total
- 4 Acuerdo parcial
- 3 Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 2 Desacuerdo parcial
- 1 Desacuerdo total

1. La información de retorno dada por el MEC fue adecuada para saber cuánto estaba aprendiendo ____
2. Utilizar este MEC es verdaderamente estimulante ____
3. Sin este MEC creo que sería imposible aprender los contenidos más importantes del tema ____
4. Siento que cuando fallaba en mis respuestas, el MEC NO me daba pistas para hallar el error ____
5. Los contenidos tal como fueron presentados por el MEC son muy difíciles de comprender ____
6. Si yo quiero, el MEC me permite ir despacio o rápido en mi aprendizaje ____
7. Utilizando esta ayuda aprendí elementos que anteriormente no había entendido ____
8. Pienso que los contenidos presentados por el MEC son de poco uso práctico ____
9. Este material educativo hace que los contenidos adquieran un alto grado de claridad ____
10. Me parece que el tipo de preguntas que se formulan en este MEC no es el adecuado ____
11. El nivel de dificultad de las preguntas corresponde a lo enseñado ____
12. Pienso que los procesos de aprendizaje apoyados con computador tienen ventajas sobre los que no utilizan estos medios. ____
13. Después de haber utilizado el MEC me siento en capacidad de aplicar lo aprendido ____
14. Los colores usados en el MEC son agradables ____
15. La letra utilizada permite leer con facilidad ____
16. Los gráficos y animaciones ayudan a entender el tema ____

II. Seleccione la opción que considere conveniente.

Enunciado	Respuestas
17. Se puede avanzar, retroceder, saltar a otra página, según mis preferencias	Siempre
	Casi siempre
	A veces
	Nunca
18. Por lo general las pantallas presentan un exceso de texto	No
	Sí
	A veces
19. Tienen las pantallas un diseño claro	No
	Sí
	A veces
20. Es atractivo el diseño de las pantallas	No
	Sí
	A veces
21. La calidad técnica de la barra de navegación es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
22. La calidad estética de los botones	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
23. La calidad de las animaciones es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
24. La claridad y la calidad del lenguaje es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
25. La calidad de las imágenes es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
26. La información está	Muy bien estructurada
	Bien estructurada
	Mal estructurada
	Muy mal estructurada
27. La adecuación de las imágenes y gráficos al texto es	Muy buena
	Buena
	Regular
	Mala
28. El sistema de navegación es	Lineal
	No lineal

Observaciones y sugerencias:

Resultados

Cuadro C1. Resultados de la prueba final

Critero	Indicadores	Pegunta	Resultados
Facilidad de uso	Navegación correcta	17. Se puede avanzar, retroceder, saltar a otra página, según mis preferencias	Siempre 38%
			Casi siempre 47%
			A veces 15%
	Calidad técnica de la barra de navegación	21. La calidad técnica de la barra de navegación es	Muy buena 46%
			Buena 54%
	Sistema de navegación	28. El sistema de navegación es	Lineal 46%
No lineal 54%			
Entorno visual	Aspectos gráficos	14. Los colores usados en el MEC son agradables	Acuerdo total 70%
			Acuerdo parcial 15%
			Ni de acuerdo ni en desacuerdo 15%
	Diseño de pantallas	18. Por lo general las pantallas presentan un exceso de texto	No 62%
			A veces 38%
	19. Tienen las pantallas un diseño claro	Sí 100%	
		Calidad técnica	25. La calidad de las imágenes es
	Calidad estética	20. Es atractivo el diseño de las pantallas	Buena 8%
			Sí 92%
		22. La calidad estética de los botones	A veces 8%
			Muy buena 62%
	Formato del texto	15. La letra utilizada permite leer con facilidad	Buena 38%
			Acuerdo total 77%
			Acuerdo parcial 15%
Estilo del lenguaje	24. La claridad y la calidad del lenguaje es	Desacuerdo parcial 8%	
		Muy buena 85%	
		Buena 15%	

Aplicaciones multimedia	Calidad didáctica	16. Los gráficos y animaciones ayudan a entender el tema	Acuerdo total 100%
	Calidad técnica	23. La calidad de las animaciones es	Muy buena 70%
			Buena 30%
Adecuación al texto	27. La adecuación de las imágenes y gráficos al texto es	Muy buena 85%	Buena 15%
Contenido	Claridad	5. Los contenidos tal como fueron presentados por el MEC son muy difíciles de comprender	Acuerdo parcial 8%
			Desacuerdo parcial 15%
			Desacuerdo total 77%
	Cobertura	9. Este material educativo hace que los contenidos adquieran un alto grado de claridad	Acuerdo total 77%
			Acuerdo parcial 23%
			Acuerdo total 38%
Pertinencia	7. Utilizando esta ayuda aprendí elementos que anteriormente no había entendido	Acuerdo parcial 54%	
		Ni de acuerdo ni en desacuerdo 8%	
		Acuerdo parcial 8%	
		Desacuerdo total 92%	
Funcionalidad	Estructura lógica	26. La información está	Muy bien estructurada 38%
			Bien estructurada 62%
	Capacidad motivadora del material didáctico	12. Pienso que los procesos de aprendizaje apoyados con computador tienen ventajas sobre los que no utilizan estos medios.	Acuerdo total 85%
			Acuerdo parcial 15%
	Fomento de la iniciativa y del autoaprendizaje	2. Utilizar este MEC es verdaderamente estimulante	Acuerdo total 70%
			Acuerdo parcial 23%
			Ni de acuerdo ni en desacuerdo 7%
	Ritmo de aprendizaje	6. Si yo quiero, el MEC me permite ir despacio o rápido en mi aprendizaje	Acuerdo total 62%
			Acuerdo parcial 38%
	Potencialidad de los recursos didácticos	3. Sin este MEC creo que sería imposible aprender los contenidos más importantes del tema	Acuerdo parcial 15%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo 38%			
Desacuerdo parcial 47%			
Efectividad	13. Después de haber utilizado el MEC me siento en capacidad de aplicar lo aprendido	Acuerdo total 23%	
		Acuerdo parcial 77%	

Evaluación	Información de retorno	1. La información de retorno dada por el MEC fue adecuada para saber cuánto estaba aprendiendo	Acuerdo total 46%
			Acuerdo parcial 46%
			Ni de acuerdo ni en desacuerdo 8%
		4. Siento que cuando fallaba en mis respuestas, el MEC NO me daba pistas para hallar el error	Acuerdo total 15%
			Acuerdo parcial 31%
			Ni de acuerdo ni en desacuerdo 38%
	Formulación de preguntas	10. Me parece que el tipo de preguntas que se formulan en este MEC no es el adecuado	Desacuerdo parcial 16%
			Acuerdo parcial 8%
			Ni de acuerdo ni en desacuerdo 23%
			Desacuerdo parcial 54%
	Grado de dificultad	11. El nivel de dificultad de las preguntas corresponde a lo enseñado	Desacuerdo total 15%
			Acuerdo total 62%
Acuerdo parcial 23%			
Ni de acuerdo ni en desacuerdo 8%			
			Desacuerdo parcial 7%

Comentarios y sugerencias:

- La mayoría de usuarios manifestaron estar de acuerdo con el empleo de MECs en el aprendizaje y se mostraron interesados en continuar su uso.
- Sugirieron que en los cuestionarios de evaluación no solo se hiciera mención de la respuesta correcta sino que además se diese una justificación de ésta.

Esta prueba fue realizada el 14 de octubre de 2005, con una muestra de 13 estudiantes que cursan la asignatura Introducción a la Ingeniería Química

Anexo D: Tipo de preguntas formuladas en los cuestionarios de evaluación de cada módulo.

Figura D1. Verdadero o falso.

Reactores

Un reactor CSTR que opera en estado estable es isotérmico

A. Verdadero

B. Falso

Responder [Click en el botón responder](#)

10 / 11

Detailed description: This is a screenshot of a quiz question. The title is 'Reactores' in green. The question text is 'Un reactor CSTR que opera en estado estable es isotérmico'. There are two radio button options: 'A. Verdadero' and 'B. Falso'. Option 'B' is selected. At the bottom left, there is a 'Responder' button and a link 'Click en el botón responder'. At the bottom right, it shows '10 / 11' and a play button icon.

Figura D2. Selección múltiple.

Diagramas de flujo

De la lista, que elementos van en un diagrama de flujo de procesos

1. Símbolos de los equipos

2. Instrumentos

3. Nombres de las líneas de flujo

4. Condiciones de operación

5. Dimensiones de la tubería

6. Flujos

Responder [Click en el recuadro](#)

7 / 11

Detailed description: This is a screenshot of a quiz question. The title is 'Diagramas de flujo' in green. The question text is 'De la lista, que elementos van en un diagrama de flujo de procesos'. There are six checkbox options: '1. Símbolos de los equipos', '2. Instrumentos', '3. Nombres de las líneas de flujo', '4. Condiciones de operación', '5. Dimensiones de la tubería', and '6. Flujos'. None are selected. At the bottom left, there is a 'Responder' button and a link 'Click en el recuadro'. At the bottom right, it shows '7 / 11' and a play button icon.

Figura D3. Rellenar el espacio en blanco.

Termodinámica

Porción de materia con propiedades uniformes

Introduzca aquí la respuesta

Responder [Escriba en el campo de texto en blanco](#)

10 / 11

Figura D4. Arrastrar y colocar.

Diagramas de flujo

Arrastre los nombres y colóquelos sobre el dibujo correcto

Torre empacada Separador flash Torre de aspersion Columna de burbujeo

responder Restablecer

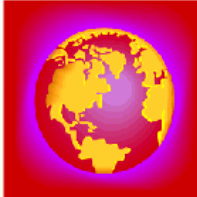


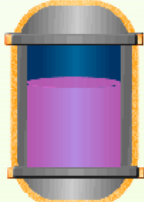
[Presione un objeto par arrastrarlo](#)

5 / 11

Figura D5. Objeto activo.

Termodinámica

Seleccione los sistemas abiertos:

A  B  C  D 

[Click en el botón responder](#)

6 / 11 