

PLANEACIÓN Y MONTAJE DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL  
DESTINADA AL APRENDIZAJE DEL DISEÑO DE REACTORES

CÉSAR ANDRÉS MANTILLA RIBERO

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

2009

PLANEACIÓN Y MONTAJE DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL  
DESTINADA AL APRENDIZAJE DEL DISEÑO DE REACTORES

CÉSAR ANDRÉS MANTILLA RIBERO

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

Director

ÁLVARO RAMÍREZ GARCÍA

Ingeniero Químico. Ph.D.

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

2009

A Dios,  
por las oportunidades y capacidades  
que me ha brindado para crecer integralmente.

A mis padres y hermanos,  
por sus infinitos aportes y sacrificios  
día tras día en mi formación como persona.

A mis compañeros y amigos,  
por brindarme una sonrisa y una mano de ayuda  
en momentos claves de mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

**El autor expresa su más sincero agradecimiento a:**

ÁLVARO RAMÍREZ GARCÍA Ph.D., por su orientación y apoyo en el planeamiento y ejecución del trabajo y sus valiosos aportes como director de proyecto.

Al estudiante de Diseño Industrial JUAN SEBASTIAN BARRIOS HERNÁNDEZ, por su instrucción y las múltiples indicaciones y aportes en el manejo de Macromedia Dreamweaver 8.

A mi familia, compañeros de estudio y amigos por convertirse en un eje motivador y un apoyo incondicional en todas mis tareas.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	3
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. Objetivo General	3
1.1.2. Objetivos Específicos	3
1.2. DEFINICIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3. IMPACTO ESPERADO	5
2. PLANEACIÓN	6
2.1. CONTENIDOS DEL PROYECTO	6
2.1.1. El Reactor Químico y Los Reactores Ideales	6
2.1.2. Estequiometría	6
2.1.3. Ecuaciones de diseño de los reactores	7
2.1.4. Aplicaciones de las ecuaciones de diseño y simulación de reactores	7
2.1.5. Diseño de reactores en sistemas heterogéneos	8
2.1.6. Determinación de la velocidad de reacción	8
2.2. DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PROYECTO	9
2.2.1. Orientación del proyecto en base al usuario y las necesidades de aprendizaje	9
2.2.2. Prueba de entrada	10
2.2.3. Teoría del módulo	10
2.2.4. Prueba central: Ejercicios de reafirmación de conceptos	11
2.2.5. Ejercicios de diseño	11
2.2.6. Prueba final	12
2.3. ELEMENTOS DE DESARROLLO COMPUTACIONAL	12
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	14
3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
3.2. CREACIÓN DE LOS CONTENIDOS DEL PROYECTO	14
3.2.1. Construcción de las pruebas de entrada	14

3.2.2. Síntesis de la teoría de cada módulo	14
3.2.3. Construcción de la prueba central	15
3.2.4. Planteamiento y resolución de los ejercicios de diseño	15
3.2.5. Construcción de la prueba final	16
3.3. DISEÑO DEL ENTORNO GRÁFICO	16
3.4. TRANSFORMACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS	17
3.5. DESARROLLO DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS	18
3.6. ENSAMBLE Y AJUSTE DE LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL	19
3.7. PRUEBA Y DEPURACIÓN DE LA HERRAMIENTA	19
4. CONCLUSIONES	21
5. RECOMENDACIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXOS	26

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Requisitos previos a evaluar en la prueba de entrada de cada módulo.	26
Anexo B. Contenidos de las subunidades temáticas de cada módulo.	28
Anexo C. Composición del entorno gráfico.	30
Anexo D. Indicaciones para ajustes y mejoras posteriores de la herramienta.	31

## RESUMEN

**TÍTULO:** PLANEACIÓN Y MONTAJE DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL DESTINADA AL APRENDIZAJE DEL DISEÑO DE REACTORES.\*

**AUTOR:** César Andrés Mantilla Ribero\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Software educativo, diseño de reactores, herramienta interactiva.

### **DESCRIPCIÓN:**

Se diseñó y elaboró una herramienta computacional para ser utilizada como un elemento de apoyo académico en la asignatura Diseño de Reactores, la cual permita desarrollar el aprendizaje significativo en vez del aprendizaje clásico. Para tal objetivo, esta herramienta busca reforzar de manera concisa los conceptos tratados durante el desarrollo de la asignatura y ampliar la aplicabilidad de éstos conceptos a partir de un considerable número de ejercicios propuestos en el material educativo.

Este software posee un entorno gráfico agradable, una alta navegabilidad y un alto contenido de recursos interactivos a lo largo de los seis módulos que lo componen: El reactor químico y los reactores ideales, estequiometría, ecuaciones de diseño de los reactores, aplicaciones de las ecuaciones de diseño y simulación de reactores, diseño de reactores en sistemas heterogéneos y determinación de la velocidad de reacción.

La elaboración de la herramienta computacional se inició con una planeación de los contenidos a tratar, los cuales están basados en el programa académico planteado para la asignatura Diseño de Reactores; el diseño del entorno visual requerido para facilitar el aprendizaje; y finalmente una planeación de la estructura metodológica y pedagógica de la herramienta educativa. Culminada esta etapa se procedió a la producción y verificación de los contenidos, su montaje en la plataforma virtual y a realizar una prueba en busca de inconsistencias de diseño y de estilo.

Del trabajo se concluye que la herramienta computacional aquí elaborada se convierte en un referente de apoyo para el estudiante, la cual por su rico contenido interactivo es un elemento con el que el usuario puede repasar, reafirmar y verificar los conceptos básicos del diseño de reactores.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director Álvaro Ramírez García Ph.D.

## ABSTRACT

**TITLE:** PLANNING AND DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL TOOL FOR THE LEARNING OF REACTOR DESIGN.\*

**AUTHOR:** César Andrés Mantilla Ribero\*\*

**KEYWORDS:** Educational software, reactors design, interactive tool.

### **DESCRIPTION:**

A computational tool was designed and developed to be used as an element of academic support in the subject Reactors Design, which allows to develop the significant learning instead of the classical learning. To achieve this goal, this tool pretends to reinforce in a concise way the concepts treated during the development of the subject and to extend the applicability of these concepts through a considerable amount of exercises proposed in this educational material.

This software has an agreeable graphical environment, a high navigability and a big quantity of interactive resources along the six modules that compose it: The chemical reactor and the ideal reactors, stoichiometry, equations of design for the ideal reactors, applications of the equations of design and simulation of reactors, design of reactors in heterogeneous systems and the determination of the rate of reaction.

The elaboration of the computational tool began planning the contents to present in the software, which are based in the academic program arranged for the subject Reactors Design; the planning of the visual environment needed to facilitate the learning; and finally the creation of the methodological and pedagogic structure of the educational tool. Once the planning stage was finished, the next step was the production and verification of the contents, its assembly in the virtual platform and a "run test" used to look for design and style inconsistencies.

Of this project was concluded that the developed computational material turns into a model of support for the student, which for his rich interactive content represents a tool with which the user can revise, reaffirm and check the basic concepts of the design of reactors.

---

\* Graduation project

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director Álvaro Ramírez García Ph.D.

## INTRODUCCIÓN

La asignatura Diseño de Reactores es parte esencial dentro de la formación profesional del estudiante de Ingeniería Química, en ésta se reúnen conceptos físico-químicos y termodinámicos a escala macroscópica y microscópica a partir de los cuales el estudiante debe ser capaz de entender, diseñar y optimizar diferentes procesos industriales a partir del mismo corazón del proceso: El reactor químico.

La mayor exigencia del estudiante a lo largo del curso de Diseño de Reactores consiste en la síntesis de conceptos a partir de los diferentes balances y ecuaciones constitutivas que le permitan aplicar los conceptos y seleccionar los parámetros adecuados en la interpretación y resolución del problema de diseño del reactor químico.

Estos conceptos no siempre quedan claros en clase para el estudiante; y en muchos casos los libros, que deberían constituir el mecanismo más sencillo para aclarar las dudas, resultan ser de difícil acceso. En los casos en que están disponibles, los libros suelen mostrar estos mismos conceptos de forma mucho más extensa y complicada, dificultando y desmotivando el aprendizaje del estudiante.

La problemática anterior requiere plantear una solución que implique un material, en este caso enfocado al aprendizaje del Diseño de Reactores, que garantice un acceso mucho más universal y que en su estructura gráfica y escrita se muestre más cercana, concisa y comprensible para el estudiante.

El material a diseñar debe desplazar el aprendizaje de la estructura clásica profesor-alumno, a una situación en la que el conocimiento esté presente en forma interactiva y el alumno no tema a equivocarse y aprender de su mismo error. Esta característica se puede potencializar a partir de la construcción de una herramienta computacional altamente interactiva que haga énfasis en la aplicación de los conceptos aprendidos.

En el caso de los estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, ya se ha tenido la oportunidad de utilizar herramientas computacionales similares conocidas como materiales educativos computarizados (MECs), desarrolladas para diferentes áreas concernientes a la Ingeniería Química: Termodinámica, introducción a la ingeniería química, análisis numérico, intercambiadores de calor y operaciones de absorción.

La originalidad de este trabajo no parte entonces de la utilización de las herramientas computacionales aplicadas en un área específica de la ingeniería química (En este caso el diseño de reactores), sino en la propuesta del “aprendizaje significativo”, que se pretende potencializar a través de mejoras en la navegabilidad, usabilidad y sobretodo en la interactividad del software que se desea elaborar; desplazando a un segundo plano el contenido teórico, el cual constituye sólo un resumen de ecuaciones y conceptos básicos (que están explicados de manera más profunda en los libros) que son requeridos para poder abordar los diferentes problemas tratados en esta herramienta computacional.

Si el desarrollo de esta herramienta educativa es exitoso, puede convertirse en un recurso de apoyo de la asignatura; la cual brinde al alumno un espacio de profundización, verificación e interiorización del aprendizaje concerniente al diseño de reactores, mientras que para el docente se convierta en una guía para desarrollar el contenido de la asignatura y una herramienta para resolver de manera más sencilla las dudas que posean los estudiantes.

# 1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo General

Desarrollar una herramienta educativa computacional que sirva como apoyo académico para los estudiantes de Ingeniería Química que estén cursando la asignatura Diseño de Reactores.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Facilitar al estudiante una herramienta de fácil acceso donde pueda consultar conceptos básicos y ecuaciones comúnmente utilizadas dentro de la asignatura Diseño de Reactores.
- Proporcionar al estudiante un medio interactivo con el cual pueda verificar su apropiación de los conceptos elementales concernientes al Diseño de Reactores.
- Suplir al profesor encargado de la asignatura Diseño de Reactores de una herramienta que pueda ser utilizada como guía de los contenidos a tratar a lo largo del periodo académico y al mismo tiempo que le sirva como un instrumento de seguimiento y evaluación sobre los estudiantes.
- Brindar al estudiante una herramienta que le permita entrar en un proceso de “aprendizaje significativo” mucho más completo que el aprendizaje clásico.

## 1.2. DEFINICIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Universidad Industrial de Santander, la asignatura Diseño de Reactores aparece con la reforma académica que entró en vigencia a partir del segundo periodo académico del año 2006, esta materia aparece como reemplazo de la asignatura Cinética Química, y a pesar de tratar temáticas muy similares

no hay una consistencia en los contenidos entre un periodo académico y otro.

Sumado al cambio en el programa académico, aparece en la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander un problema relacionado con el recurso humano: Debido al bajo número de profesores de tiempo completo vinculados a la escuela, ésta se ve en la necesidad de aumentar la proporción de profesores cátedra y la asignatura Diseño de Reactores no es inmune a este problema, pues la continua rotación de profesores cátedra encargados de esta materia hace que no haya una continuidad en la temática desarrollada en cada periodo académico.

Las dos situaciones anteriores permiten dar paso al análisis del primer problema que se busca resolver con la creación de la herramienta educativa computacional: La falta de continuidad en las temáticas tratadas a lo largo de curso tras curso de Diseño de Reactores.

Por otra parte está la problemática desde la perspectiva del estudiante: El Diseño de Reactores reúne conceptos previos de estequiometría, termodinámica, análisis numérico y ecuaciones diferenciales y los sintetiza en una asignatura cuyo propósito final debe estar enfocado a la correcta interpretación de problemáticas que involucren reactores y al planteamiento de nuevas opciones y soluciones que impliquen el diseñar un reactor químico.

Debido a esta importancia y a la multiplicidad de conceptos que reúne, el Diseño de Reactores se convierte en una de las asignaturas más importantes para el Ingeniero Químico en formación, la cual debe estar respaldada por una alta motivación por aprender y en la cual no debe haber cabida para dudas ni de conceptos ni de procedimientos a la hora de su aplicación.

Esta problemática da lugar al segundo problema que se busca resolver con el desarrollo de este proyecto: La inexistencia de una herramienta computacional asequible, que facilite el aprendizaje del Diseño de Reactores

para el estudiante, y que a su vez se convierta en un elemento motivador a partir de la interactividad y la disponibilidad que ésta herramienta representa dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **1.3. IMPACTO ESPERADO**

Al finalizar el desarrollo de la herramienta computacional y su implementación, se espera contribuir con el aprendizaje de la asignatura Diseño de Reactores de manera sustancial. Se espera que el estudiante a lo largo del curso se apropie del producto de este proyecto y le permita afianzar los conceptos tratados en clase e incluso evaluarlos por medio de las características interactivas de la aplicación creada, desarrollando la autonomía y la capacidad de síntesis y análisis del alumno.

Dentro de la visión a mediano plazo, y de resultar eficiente como herramienta de aprendizaje, se espera que el profesor pueda utilizarla dentro del mismo salón de clase para la aclaración de conceptos básicos de manera más rápida, lo cual proporcionaría el tiempo requerido para aumentar el grado de profundidad de las temáticas vistas en clase o incluso aumentar la cantidad de temáticas tratadas en la asignatura, dando lugar a un mejoramiento de esta herramienta y a la creación de nuevos instrumentos computacionales relacionados con más temáticas de la asignatura.

## 2. PLANEACIÓN

### 2.1. CONTENIDOS DEL PROYECTO

Los contenidos a tratar en esta herramienta computacional están basados en el programa de la asignatura Diseño de Reactores. Para que la extensión de los módulos fuese lo más homogénea posible se planearon un total de 6 módulos, los cuales se describirán un poco más a continuación.

#### 2.1.1. El Reactor Químico y Los Reactores Ideales

Este es el módulo introductorio, contiene la presentación general de los reactores ideales y su inclusión tiene como objetivos:

- Reconocer la importancia del reactor químico dentro de la industria.
- Diferenciar los tipos de reactores químicos ideales y su pertinencia según el proceso.
- Interpretar la dinámica de los procesos según el tipo de reactor utilizado.
- Comprender el algoritmo del funcionamiento de cada uno de los reactores ideales.

#### 2.1.2. Estequiometría

Si bien es una temática que ya debería ser conocida, su importancia en el diseño de reactores hace que merezca un módulo para su discusión y aprendizaje. Los objetivos a cumplir con la inclusión de este módulo son:

- Comprender el concepto de la medida de las proporciones fijas y definidas, y reconocer su importancia en el diseño de reactores.
- Familiarizarse con los términos de conversión y extensión de la reacción.
- Aprender a expresar todas las variables de estado del reactor como función de la conversión del reactor.

### **2.1.3. Ecuaciones de diseño de los reactores**

Este módulo es el eje central de la herramienta a diseñar, si se conocen y se saben aplicar los balances y las ecuaciones constitutivas ya se cuenta con los elementos básicos para el diseño de un reactor. Los objetivos de éste módulo son:

- Interpretar y construir modelos matemáticos que representen el comportamiento de los reactores químicos.
- Estar en capacidad de deducir a partir de un balance general de materia o energía, el balance simplificado a partir de las condiciones del reactor químico para cada reactor ideal.
- Reconocer las analogías existentes entre las ecuaciones de diseño del reactor Batch, CSTR y tubular.

### **2.1.4. Aplicaciones de las ecuaciones de diseño y simulación de reactores**

Este módulo aparece como un complemento del módulo anterior, y busca mostrar al estudiante diferentes aplicaciones mucho más específicas que existen para cada reactor ideal a partir de las ecuaciones tratadas en el módulo anterior. Los objetivos de este módulo son:

- Construir y analizar rectas de operación de reactores Batch y CSTR, aprender a manipularlas en busca de nuevas condiciones de operación y conocer los parámetros para seleccionar las mejores condiciones de operación posibles.
- Diferenciar parámetros de optimización del reactor discontinuo: óptimo económico y camino óptimo de temperatura.
- Reconocer los estados estables y metaestables de un reactor CSTR y sus características autorreguladoras.
- Comprender las implicaciones básicas de utilizar lechos dentro de los reactores tubulares.

### **2.1.5. Diseño de reactores en sistemas heterogéneos**

Los sistemas heterogéneos constituyen un reto mucho más reciente dentro de la Ingeniería Química, es por esto que es una de las nuevas temáticas a tratar en Diseño de Reactores en comparación con su asignatura predecesora Cinética Química, por lo tanto cuenta con un módulo para su discusión. Los objetivos de éste módulo son:

- Reconocer diferencias básicas entre una reacción en fase homogénea y heterogénea en el planteamiento matemático.
- Identificar cuál de los fenómenos que acompañan la reacción es el que determina la velocidad del proceso, y cómo ésta puede ser alterada.
- Describir brevemente los fenómenos que pueden ser considerados como la etapa dominante.
- Reconocer las diferencias conceptuales y su repercusión en el tratamiento matemáticos al utilizar un sólido poroso o no poroso.

### **2.1.6. Determinación de la velocidad de reacción**

A lo largo de los módulos anteriores suele asumirse la velocidad de reacción como una variable conocida, sin embargo su planteamiento constituye una gran tarea, razón por la cual hay un módulo dedicado a las diferentes formas de determinarla. Los objetivos de éste módulo son:

- Comprender y formular la velocidad de reacción a partir del mecanismo de ésta.
- Reconocer las falencias para describir el mecanismo de la reacción si ésta no es elemental, debido a que se puede encubrir parte del mecanismo.
- Interpretar y utilizar la recopilación de datos experimentales para hallar la velocidad de reacción.

- Reconocer la existencia de los métodos computacionales modernos para la determinación sin experimentación directa sobre la velocidad de reacción.

## **2.2. DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PROYECTO**

En esta etapa se diseña y se decide la estructura que tendrá la herramienta educativa al interior de cada módulo en base a las necesidades del usuario.

### **2.2.1. Orientación del proyecto en base al usuario y las necesidades de aprendizaje**

La herramienta está destinada al estudiante de Ingeniería Química que esté cursando la asignatura Diseño de Reactores; esta materia está ubicada en el séptimo nivel del plan de estudios de la carrera, momento para el cual el usuario ya debe contar con sólidas bases matemáticas, físicas y químicas, producto de sus primeros dos años de formación; y también con bases en las áreas básicas profesionales como la termodinámica y los fenómenos de transporte.

Basados en la suposición de un exitoso aprendizaje durante sus 3 años previos, al tomar el curso de Diseño de Reactores el estudiante ya debe contar con una alta capacidad de síntesis y análisis, además de haber desarrollado un alto nivel de autonomía que favorezca el estudio extraclase. Es por esta razón que la herramienta educativa pretende explotar estas capacidades de síntesis y análisis en torno a un ambiente autónomo.

El desarrollo de esta herramienta busca contribuir a la transformación del aprendizaje: el estudiante está usualmente más preocupado por aprobar la materia que por encontrarle sentido e interiorizar lo que aprende, por lo tanto el conocimiento se convierte en algo temporal, en una cuestión de memoria a corto plazo.

Por el contrario, el aprendizaje significativo sólo se da cuando el individuo le encuentra sentido al conocimiento, y este sentido sólo lo halla a través de relaciones con conocimientos anteriores, con situaciones reales y a partir de la propia experiencia.

Cada una de estas formas de relación está representada en una de las partes en que está dividida cada módulo: Una prueba de entrada, un resumen de la teoría, un conjunto de ejercicios interactivos para confrontar su interpretación de los conceptos y un grupo de ejercicios de diseño para aplicar el conocimiento interiorizado. Una descripción de cada una de las partes del módulo se muestra a continuación.

### **2.2.2. Prueba de entrada**

En cada uno de los seis módulos del material se pretende realizar una prueba previa al contenido formal del módulo, la cual busca que el usuario a través de un test identifique y verifique si posee los requisitos conceptuales para hacer más fácil el aprendizaje de la temática de cada unidad.

### **2.2.3. Teoría del módulo**

La teoría a tratar en cada módulo es parte esencial de la herramienta computacional a elaborar, esta teoría debe estar explicada de manera muy breve y concisa, convirtiéndose más en un resumen con estructura de apuntes de clase que en un capítulo de un libro académico formal.

Este resumen teórico de las temáticas del módulo debe estar soportado en la utilización de elementos gráficos y de multimedia, como ecuaciones, imágenes y animaciones, posibilitando la explotación de los recursos tecnológicos disponibles en la actualidad.

#### **2.2.4. Prueba central: Ejercicios de reafirmación de conceptos**

La diferencia fundamental entre los materiales educativos computarizados (MECS) realizados previamente y el que se pretende desarrollar en este proyecto está en la prueba central. En los anteriores programas el enfoque principal estaba en el desarrollo multimedia de una teoría que ya aparecía explicada en los libros, mientras que con este proyecto se busca desplazar el enfoque principal hacia la aplicación de los conceptos teóricos a través de los numerosos ejercicios planteados.

En la prueba central estos problemas se plantearán a manera de preguntas de selección múltiple con única respuesta, éstas brindarán al estudiante la oportunidad de una retroalimentación específica para cada respuesta; en otras palabras, luego de seleccionar cualquiera de las opciones el computador mostrará al usuario un mensaje en el que explica si la opción es correcta o no y el porqué. Además, si la opción seleccionada es incorrecta, permitirá al usuario volver a intentar responder a la pregunta, teniendo una opción menos por elegir pero conociendo la razón por la cual la opción previamente seleccionada ha sido descartada, facilitando así la apropiación del concepto correcto.

#### **2.2.5. Ejercicios de diseño**

Como un complemento a los ejercicios de selección múltiple con única respuesta, se ve la necesidad de implementar en la herramienta computacional otro tipo de ejercicios en los que el estudiante ponga a prueba su capacidad de análisis, su creatividad y su capacidad para aplicar los conceptos para dar solución a situaciones planteadas en los problemas de diseño, buscando desarrollar una solución paso por paso.

Los problemas que sean planteados también deben estar resueltos, permitiendo así que el usuario pueda superar las dudas que aparezcan en él durante la resolución de estos ejercicios.

### **2.2.6. Prueba final**

A manera de una evaluación final en la cual puedan evaluarse los conceptos tratados a lo largo de la totalidad de los módulos, se diseñará una prueba final más extensa que las pruebas centrales de cada módulo, pero que conserve las características de interactividad y retroalimentación de los tests anteriores. A diferencia de las pruebas centrales, en la prueba final sólo habrá una oportunidad de responder cada pregunta, ya que este último test tiene como finalidad la evaluación de los conceptos que ya debieron ser aprendidos, aplicados y reforzados a través de las pruebas desarrolladas en cada uno de los seis módulos.

### **2.3. ELEMENTOS DE DESARROLLO COMPUTACIONAL**

Para la implementación y digitalización de los contenidos son necesarios varios programas que serán de ayuda a través de la construcción del material educativo:

- Procesamiento de texto: Para sintetizar la teoría y construir las preguntas que hacen parte de los diferentes tests se utilizará *Microsoft Office Word 2007*.
- Creación y edición de imágenes: Como soporte a la teoría y a varios ejercicios planteados se requiere de un software que permita crear imágenes de tamaño reducido, con este fin se utilizará *Macromedia Flash 8*, que si bien su fin principal es la animación también es muy útil para dibujar debido a la posibilidad de realizarlo sobre varias capas. Además, para la utilización de ecuaciones en el montaje de la herramienta computacional, se requiere que éstas estén en formato de imagen, para lo cual deben utilizarse *Microsoft Office Powerpoint 2007* y *Microsoft Office Picture Manager* conjuntamente.

- Creación de animaciones: Para el montaje de las animaciones que acompañan la teoría de varios módulos se utilizará *Macromedia Flash 8*.
- Montaje de los tests: Para obtener las características de interactividad deseadas, los tests deberían ser montados en formato Flash. Una herramienta facilitadora para el montaje de estas pruebas es el software *Wondershare Quizcreator*, el cual permite construir los tests desde una plataforma de fácil manejo y publicarlos con diferentes extensiones de archivos, lo cual facilita su posterior ensamble con las demás funciones del material desarrollado.
- Montaje y ensamble de la herramienta computacional: Por el reducido tamaño de sus archivos y la compatibilidad con las animaciones y los tests interactivos se ha decidido hacer el montaje en formato HTML, para lo cual se recurre a la utilización del programa *Macromedia Dreamweaver 8*.

En cuanto a los requerimientos de hardware, el único elemento especial a utilizar es un lápiz óptico, el cual facilita las labores de dibujo, que en este caso será aplicado para la digitalización de las ecuaciones.

### **3. DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Para un desarrollo eficiente del proyecto fue necesaria una extensa revisión bibliográfica, la cual fue de ayuda en la síntesis de la teoría de cada módulo y en la construcción y adaptación de las preguntas de la prueba central y de los ejercicios de diseño.

Las fuentes de información utilizadas son mencionadas en la bibliografía de este trabajo, y todas están disponibles en la biblioteca central de la Universidad Industrial de Santander y en la base de datos de la misma biblioteca.

#### **3.2. CREACIÓN DE LOS CONTENIDOS DEL PROYECTO**

##### **3.2.1. Construcción de las pruebas de entrada**

Para cada módulo se elaboró una prueba de entrada, esta consiste en un test que consta de cinco preguntas de selección múltiple con única respuesta, y en el cual hay una sola oportunidad de responder cada pregunta. Estos cuestionarios buscan verificar conceptos previos requeridos para cada módulo, estos pre saberes están listados en el Anexo A.

##### **3.2.2. Síntesis de la teoría de cada módulo**

Para organizar y sintetizar las temáticas a tratar en la teoría se utilizaron los objetivos propuestos en cada módulo, los contenidos fueron divididos en las subunidades temáticas mostradas en el Anexo B.

Para mejorar el acercamiento del usuario a la teoría, se agregaron diferentes elementos multimedia como imágenes y videos.

### **3.2.3. Construcción de la prueba central**

La prueba central de cada módulo consta de 20 preguntas de selección múltiple con única respuesta, y tal y como se mencionó en el numeral 2.2.4 hay una retroalimentación específica para cada opción de respuesta. Las preguntas están basadas en la teoría presentada en cada módulo y buscan evaluar y desarrollar las siguientes habilidades:

- Interpretativa: Desarrollada en preguntas que requieren de la apropiación de la información presente en gráficas, tablas y casos de estudio mostrados en las diferentes situaciones planteadas en cada prueba.
- Argumentativa: Aparece en preguntas cuyo enunciado propone una afirmación, y las opciones de respuesta van acompañadas de una posible explicación al fenómeno ó situación descrita.
- Propositiva: Esta habilidad busca desarrollarse a través de preguntas en las que el estudiante debe escoger la opción que mejor solución propone a un problema de ingeniería planteado a través de la aplicación de los conceptos vistos en el módulo.

En el desarrollo de las pruebas centrales y en búsqueda de mejorar el proceso de aprendizaje, se permite que en estas pruebas el usuario pueda intentar responder cada pregunta hasta 4 veces, el cual es el mismo número de opciones de respuesta; esto con el fin de que si se desconoce la respuesta, el usuario pueda comprender por qué las tres opciones incorrectas son descartables y al final pueda llegar a la respuesta correcta.

### **3.2.4. Planteamiento y resolución de los ejercicios de diseño**

Los ejercicios de diseño fueron adaptados y creados bajo los siguientes parámetros:

- Que los conceptos a aplicar en cada ejercicio procuraran no repetirse en otros ejercicios, con el fin de maximizar la cantidad de temáticas tratadas en esta sección del módulo.

- Que tuvieran una longitud estándar al desarrollarse, es decir, que no fuesen ejercicios ni muy cortos ni muy largos, al final se obtuvo que todos los ejercicios eran desarrollados en una o máximo dos páginas.

Bajo estos parámetros y siguiendo las temáticas de cada módulo se diseñaron cinco ejercicios por módulo con su respectivo desarrollo.

### **3.2.5. Construcción de la prueba final**

La prueba final posee una estructura muy similar a la de la prueba central: Consiste en un test con un amplio número de preguntas de selección múltiple con única respuesta. Sin embargo, se diferencia de la prueba central de cada módulo en tres aspectos:

- Tiene una mayor extensión: alcanza un total de treinta preguntas, lo cual corresponde al 150% de la extensión de los tests de la prueba central.
- La estructura de las preguntas está menos enfocada a la verificar aplicabilidad de los conceptos de cada módulo en situaciones específicas. Por el contrario, en la prueba final se pretende evaluar el proceso inverso: Si el estudiante está en capacidad de partir del concepto específico y utilizarlo para resolver preguntas en que se le indaga por el concepto de manera general.
- Como la prueba final posee fines evaluativos (o auto evaluativos), sólo hay una oportunidad de responder cada pregunta, sin embargo conserva las características de interactividad de las pruebas centrales.

### **3.3. DISEÑO DEL ENTORNO GRÁFICO**

Para el montaje del entorno gráfico se diseñó y montó una plantilla utilizando el programa *Macromedia Dreamweaver 8*, la cual fue aplicada a todos los contenidos interactivos y no interactivos que componen el material educativo y la cual puede detallarse en el Anexo C.

En cuanto al diseño general de la plantilla diseñada, por servir de soporte a un recurso con fines educativos, ésta debe ser una plantilla sencilla que no desvíe la atención de la información mostrada y debe tener un fondo blanco que no distraiga ni desgaste la vista del usuario.

Buscando una jerarquización de la información contenida, se utilizaron pestañas para la navegación de módulo a módulo y botones para la navegación dentro de cada módulo, haciendo una clara diferenciación en el espacio que estos ocupan dentro del entorno de la aplicación.

Se tuvo en cuenta el desarrollo de la usabilidad de la herramienta, para optimizar esta característica se seleccionó el formato HTML para desarrollar la aplicación, ya que es un formato de uso universal por ser el mismo formato de las páginas de internet.

Otro factor clave en la usabilidad es la utilización de texto y no exclusivamente de imágenes en los enlaces que permiten la navegación dentro de la teoría de cada módulo, lo cual además de facilitar la jerarquización de la información busca no recargar gráficamente el ambiente de navegación.

### **3.4. TRANSFORMACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS**

La transformación de los contenidos comprende la adecuación de los elementos no interactivos (texto, imágenes y videos) para que puedan ser visibles en el formato HTML, el cual será el formato con que se reproducirá la herramienta interactiva para que pueda ser cargada por cualquier explorador como *Internet Explorer* o *Mozilla Firefox*.

Esta transformación se realiza a través del software *Macromedia Dreamweaver 8*, en el cual es agregado el texto directamente a una tabla, la cual es utilizada para mantener los márgenes del texto y que no se desborde por la página de navegación.

Para las imágenes y ecuaciones, éstas deben ser guardadas como archivos de imagen y ser importadas directamente desde el mismo *Dreamweaver*.

Las animaciones, luego de realizadas en *Macromedia Flash 8*, deben ser publicadas como archivos .swf, extensión de archivo que debe ser importado desde *Dreamweaver* para ser agregado a la página y que la animación se reproduzca en la página de formato HTML.

Con los anteriores elementos ya es posible tener los contenidos de la herramienta computacional montados en el formato deseado, el único elemento no interactivo que resta por montar es la solución a los ejercicios de diseño.

Para la digitalización de los ejercicios de diseño se hace uso del lápiz óptico para la escritura de las ecuaciones que pertenecen al desarrollo o solución del problema, utilizando como software de soporte *Macromedia Flash 8*, una vez se tiene el ejercicio resuelto en formato digital se publica como archivo PDF.

Finalmente, en los archivos HTML creados con *Dreamweaver*, se insertan los enlaces que permiten acceder a la solución de los ejercicios de diseño en formato PDF.

### **3.5. DESARROLLO DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS**

Los elementos denominados como interactivos comprenden 13 cuestionarios para un total de 180 preguntas, estos tests están distribuidos así:

- 6 pruebas de entrada de 5 preguntas cada una para un total de 30 preguntas.
- 6 pruebas centrales, compuesta cada una de ellas por 20 preguntas para un total de 120 preguntas.
- Una prueba final compuesta por 30 preguntas.

La totalidad de cuestionarios fue desarrollada con ayuda del programa *Wondershare Quizcreator*, el cual facilitó la adecuación de las preguntas de tal manera que pudieran ajustarse a los parámetros mencionados para cada tipo de prueba en los numerales 3.2.1., 3.2.3. y 3.2.5. respectivamente.

Una vez creados los cuestionarios, éstos fueron publicados como dos tipos de archivos: en primer lugar como archivos ejecutables para probar la interactividad y el entorno creado por el programa; y en segundo lugar como archivos de extensión HTML para poderlos ajustar a la plantilla que define el entorno gráfico de la herramienta educativa.

### **3.6. ENSAMBLE Y AJUSTE DE LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL**

Para el ensamble y ajuste de la herramienta computacional se utilizó la plantilla que contiene el entorno gráfico de la aplicación y se ajustó a esta plantilla cada uno de los archivos HTML que poseen el contenido de los seis módulos y la prueba final.

Dentro del ajuste final también se diseñó una animación en *Macromedia Flash 8* que sirviera como página de introducción al programa, desde la cual se inicia la navegación y permite acceder al resto de contenidos de la herramienta educativa.

Como un elemento adicional en el ensamble y el ajuste de la herramienta educativa, se desarrollaron una serie de indicaciones que permitan agregar nueva información de manera correcta y ordenada, estas sugerencias de procedimiento se encuentran en el Anexo D de este trabajo.

### **3.7. PRUEBA Y DEPURACIÓN DE LA HERRAMIENTA EDUCATIVA**

Para la prueba final del material se contó con la ayuda de un estudiante de Ingeniería Química de noveno nivel, nivel superior al del curso de diseño de reactores, quien gustosamente accedió y a quien se le pidió anotar cualquier incongruencia que encontrara en la herramienta según los siguientes parámetros:

- Navegabilidad: El usuario debe estar en capacidad de llegar fácil y rápidamente hasta el lugar de destino dentro de la herramienta educativa. En este aspecto no se reportó ninguna anomalía por corregir.

- Aspecto gráfico: El usuario debe sentirse cómodo con la presentación de la información y del material interactivo; así como determinar si el entorno causa distracciones o cansancio al utilizar el material. No se reportó ninguna sugerencia por atender.
- Operación del material interactivo: El usuario debe estar en capacidad de visualizar correctamente todas las preguntas, y tanto preguntas como respuestas deben tener coherencia para facilitar la evaluación.

La prueba arrojó problemas de visualización en las preguntas que constan de imágenes adjuntas, estos inconvenientes fueron resueltos una vez el usuario informó sobre ellos.

Luego de realizada la prueba y el ajuste, se realizó un manual del usuario, en el cual se describe brevemente el proceso de instalación y se indica la solución a posibles incompatibilidades entre la herramienta y el sistema operativo ó el navegador.

#### 4. CONCLUSIONES

- La herramienta computacional fue desarrollada en base a los contenidos de la asignatura diseño de reactores, y se convierte en una herramienta de apoyo tanto para el alumno como para el profesor: Para el estudiante sirve como elemento de estudio y de repaso de las temáticas tratadas en clase, y para el docente puede ser útil como una guía para la planeación de clases y en la resolución de las dudas de sus alumnos.
- La herramienta se construyó en torno al desarrollo del aprendizaje significativo, el cual está basado en el aprendizaje relacional y busca ser explotado en cada una de las partes de cada módulo: la relación con los conceptos anteriores se aplica en la prueba de entrada, la relación con situaciones reales se desarrolla con la prueba central y la relación de la aplicabilidad de los conceptos es potencializada con ayuda de los ejercicios de diseño.
- La característica más representativa de esta herramienta respecto a otros materiales computacionales realizados previamente en la Escuela de Ingeniería Química reside en la mejora de la interactividad, la cual se pone en evidencia en las 180 preguntas en las que el usuario se enfrenta a una situación y, en caso de tener un error conceptual, la misma aplicación se encarga de revelárselo y proporcionarle la información para que por sí mismo encuentre la solución correcta de cada uno de los problemas planteados.
- Gracias al formato gráfico y a la estructura de jerarquización de información impuesta en la herramienta, se logro que ésta cumpliera con las características de usabilidad, navegabilidad y accesibilidad, elementos claves en la motivación del usuario para que haga uso eficiente de la herramienta.

## 5. RECOMENDACIONES

Una vez finalizada la herramienta educativa computacional es necesario asegurar su disponibilidad y asequibilidad para todos los estudiantes de ingeniería química que estén cursando diseño de reactores. Para llevar a cabo esta tarea se recomienda atender las siguientes medidas:

- Disponer de una clase de diseño de reactores para explicar el funcionamiento del material educativo y que de esta forma haya un acercamiento por parte de los estudiantes hacia la herramienta educativa, motivando al usuario a continuar con su utilización.
- Instalar la herramienta educativa en todos los equipos de la sala de cómputo de la escuela de Ingeniería Química y del Centro de Estudios de Ingeniería Química, ya que éstos son los equipos de mayor acceso público por parte de los estudiantes de Ingeniería Química.
- Dotar al Centro de Estudios de Ingeniería Química con un CD-ROM que contiene todos los archivos necesarios para que los estudiantes que cuentan con su propio ordenador y desean instalar la herramienta educativa tengan acceso a ella.
- Utilizar una plataforma en línea que permita montar en internet la herramienta educativa de diseño de reactores, para que cualquier estudiante puede acceder y descargarla en su computador para que pueda hacer uso de ella. Como plataformas de subida se recomiendan los servidores de la Universidad Industrial de Santander y *Microsoft Skydrive*.

Por otra parte, debido al auge de este tipo de proyectos que incluyen la creación de herramientas computacionales, surgen las siguientes recomendaciones:

- Crear un formato estándar para la presentación de este tipo de herramientas, lo cual permita la identificación de este tipo de materiales por parte del estudiante.
- Vincular de forma activa la utilización de la herramienta computacional dentro de las clases, convirtiéndola en parte del proceso evaluativo de la asignatura.
- Considerar la apertura de asignaturas electivas técnicas profesionales que permitan al estudiante de ingeniería química adquirir conocimientos básicos en desarrollo multimedia.

Desde el aspecto técnico y de navegabilidad, se recomienda utilizar como explorador el software *Mozilla Firefox* en vez del comúnmente utilizado *Internet Explorer*. Esta sugerencia está basada en que durante el montaje de la herramienta en *Macromedia Dreamweaver 8*, todas las pruebas de navegabilidad son realizadas por defecto en *Firefox*, por lo tanto la herramienta está optimizada para la navegación a través de este explorador.

## BIBLIOGRAFÍA

BIRD, R. Byron; STEWART, Warren y LIGHTFOOT, Edwin. Fenómenos de transporte. 2 Ed. México: Editorial Limusa S.A., 2006. 1048 p.

CONTRERAS NARANJO, José Clemente y SANCHEZ TORRES, Viviana. Diseño y desarrollo de un material educativo computarizado para la introducción a la ingeniería química. Bucaramanga, 2005, 69 p. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química.

DORF, Richard. The engineering handbook second edition. Section X. Chapter 78: Reaction kinetics. United States: CRC Press, 2004, 3080 p.

FELDER, Richard y ROUSSEAU, Ronald. Principios elementales de los procesos químicos. 2 Ed. México: Addison Wesley Editorial, 1991. 725 p.

FINK, L. Dee. What is "Significant learning"?. United States: University of Oklahoma, 2003. Disponible en internet: <http://www.ou.edu/pii/significant/WHAT IS.pdf>

FROMENT, Gilbert y BISCHOFF, Kenneth. Chemical reactor analysis and design. United States: John Wiley & Sons, Inc., 1979. 765 p.

HARRIOT, Peter. Chemical reactor design. United States: Taylor & Francis Group, 2003, 448 p.

LEVENSPIEL, Octave. Ingeniería de las reacciones químicas. 3 Ed. México: Editorial Limusa S.A., 2006. 669 p.

LIPTÁK, B.G.. Instrument Engineers Handbook Vol. 2: Process control and optimization. Chapter 8.11: Chemical reactors: Simulation and modeling. United States: CRC Press, 1999.

MISSEN, Ronald y MIMS, Charles, Introduction to chemical reaction engineering and kinetics. United States: John Wiley & Sons, Inc., 1999. 672 p.

PERRY, Robert; GREEN, Dow y MALONEY, James. Manual del Ingeniero Químico. Vol. 4. Cap. 23. 7 ed. Madrid: McGraw-Hill, 2001.

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

TODD, Ben. Free molecule (Knudsen) flow in porous media. Fuel Cell Knowledge, 2003. Disponible en internet: [http://www.fuelcellknowledge.org/research\\_and\\_analysis/heat\\_and\\_mass\\_transfer/mass\\_transport\\_in\\_porous\\_media/knudsen\\_flow/knudsen\\_flow.pdf](http://www.fuelcellknowledge.org/research_and_analysis/heat_and_mass_transfer/mass_transport_in_porous_media/knudsen_flow/knudsen_flow.pdf)

## ANEXOS

**Anexo A.** Requisitos previos a evaluar en la prueba de entrada de cada módulo.

### **Modulo 1. El reactor químico y los reactores ideales**

- Diferencia entre sistema abierto, sistema cerrado y sistema aislado. Aplicaciones y ejemplos.
- Concepto de estado estable e inestable.
- Cambio físico y cambio químico.

### **Modulo 2. Estequiometria**

- Balanceo de ecuaciones estequiométricas.
- Balances molares.

### **Modulo 3. Ecuaciones de diseño de los reactores**

- Análisis dimensional de ecuaciones diferenciales.
- Conceptos generales de ecuaciones diferenciales.
- Concepto de área bajo la curva en una integral.

### **Modulo 4. Aplicaciones de las ecuaciones de diseño y simulación de reactores**

- Concepto de máximos y mínimos.
- Conceptos de rectas de operación y geometría analítica (rectas).
- Intersección gráfica y analítica de ecuaciones no lineales.

### **Modulo 5. Diseño de reactores en sistemas heterogéneos**

- Conceptos de fenómenos de transferencia de masa conductiva
- Conceptos de fenómenos de transferencia de masa convectiva.
- Planteamiento de condiciones límite de ecuaciones diferenciales.

- Fenómenos de transporte y fuerzas impulsoras.

### **Modulo 6. Determinación de la velocidad de reacción**

- Definición de la velocidad de reacción.
- Cinética, termodinámica y su papel en el equilibrio.
- Tratamiento estadístico de datos.

**Anexo B.** Contenidos de las subunidades temáticas de cada módulo.

**Modulo 1. El reactor químico y los reactores ideales**

- 1.1. Conceptos generales.
- 1.2. El reactor batch.
- 1.3. El reactor CSTR.
- 1.4. El reactor tubular.
- 1.5. Usos y aplicaciones de los reactores ideales.

**Modulo 2. Estequiometría**

- 2.1. Conceptos generales.
- 2.2. El balance molar.
- 2.3. Conversión y extensión de la reacción química.
- 2.4. Fracción molar inicial.
- 2.5. Expresión de las variables de estado en función de la conversión.

**Modulo 3. Ecuaciones de diseño de los reactores**

- 3.1. Ecuaciones de balance generales.
- 3.2. Balances molar y de energía para el reactor discontinuo.
- 3.3. Balances molar y de energía para el reactor CSTR.
- 3.4. Balances molar y de energía para el reactor tubular.
- 3.5. Comparación del volumen requerido en un reactor CSTR y un reactor tubular.
- 3.6. La analogía del tiempo de residencia en los diferentes reactores.

**Modulo 4. Aplicaciones de las ecuaciones de diseño y simulación de reactores**

- 4.1. El reactor discontinuo: Diagrama de temperatura Vs. Conversión.
- 4.2. El reactor discontinuo: Camino de temperatura óptima en el reactor.
- 4.3. El reactor discontinuo: Óptimo económico del reactor batch.
- 4.4. El reactor CSTR: Estados estables.

- 4.5. El reactor CSTR: Modificación de la curva de equilibrio.
- 4.6. El reactor CSTR: Encendido y apagado del reactor.
- 4.7. El reactor tubular: Aplicaciones en sistemas heterogéneos.

### **Modulo 5. Diseño de reactores en sistemas heterogéneos**

- 5.1. Definición de la velocidad de reacción en sistemas heterogéneos.
- 5.2. Etapas del proceso en sistemas heterogéneo: Difusión, adsorción y reacción.
- 5.3. Planteamiento de la velocidad de reacción en un catalizador no poroso.
- 5.4. Planteamiento de la velocidad de reacción en un catalizador poroso.

### **Modulo 6. Determinación de la velocidad de reacción**

- 6.1. Mecanismos de reacción.
- 6.2. Recolección de datos experimentales para determinar el mecanismo de la reacción.
- 6.3. Método integral para la interpretación de datos cinéticos.
- 6.4. Obtención de expresiones cinéticas a partir del modelamiento molecular.

## Anexo C. Composición del entorno gráfico.

Figura A1. Presentación del entorno gráfico completo.

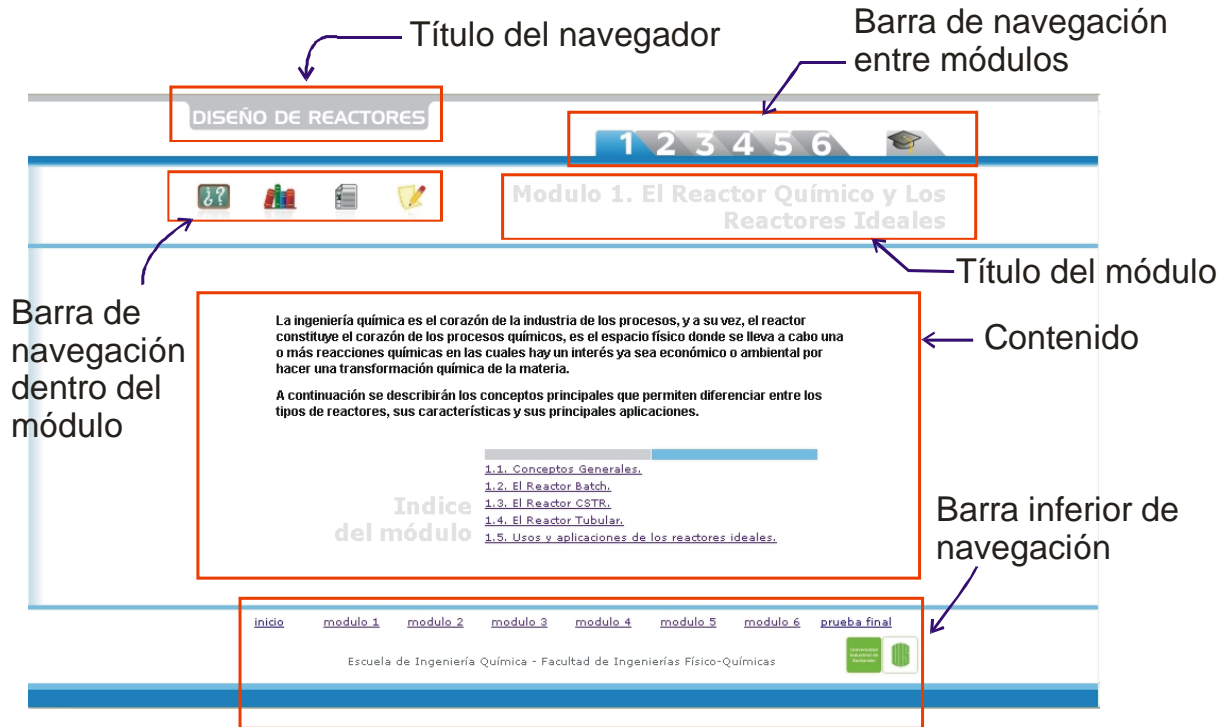


Figura A2. Presentación de la barra de navegación entre módulos.

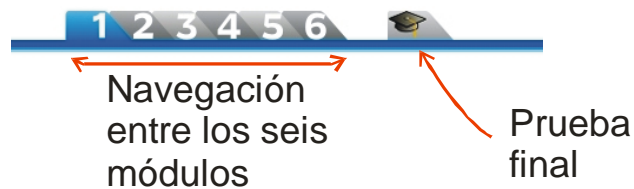
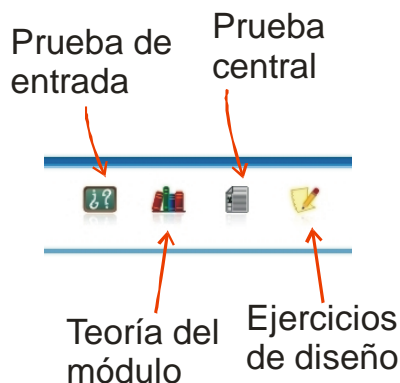


Figura A3. Presentación de la barra de navegación interna del módulo.



## **Anexo D.** Indicaciones para ajustes y mejoras posteriores de la herramienta.

### **Indicaciones generales:**

La herramienta computacional fue montada en HTML, por lo tanto, para la modificación del material educativo se requiere un editor de archivos con este formato. Se recomienda utilizar *Macromedia Dreamweaver* por su compatibilidad con elementos multimedia.

Para acceder a la información y archivos multimedia que soportan la herramienta debe seguirse el siguiente procedimiento:

1. Buscar en el disco duro que en donde está grabada la aplicación una carpeta llamada "*Diseño de Reactores - Herramienta Interactiva*".
2. Abrir la carpeta.
3. En el menú del explorador seleccionar: *Herramientas/Opciones de carpeta/Ver*, activar la opción "Mostrar todos los archivos y carpetas ocultos", hacer clic en *Aplicar* y luego en *Aceptar*.
4. Aparece entonces la carpeta *sitio\_d\_reactores*, en esta carpeta se encuentra toda la información que requiere la herramienta para su funcionamiento y es el lugar donde deben guardarse los archivos que se deseen agregar o modificar.

### **Indicaciones para modificar un archivo HTML existente:**

1. Ingresar a la carpeta que almacena todos los archivos HTML por la ruta: *sitio\_d\_reactores/Dreamweaver*.
2. Seleccionar el archivo que se desea modificar, hacer clic derecho y escoger *abrir con...*; de la lista de programas desplegados seleccionar *Macromedia Dreamweaver*.
3. Una vez abierto ya es posible modificar los archivos HTML existentes, cabe aclarar que como el archivo está ajustado a una plantilla sólo es modificable el contenido del archivo, el entorno gráfico permanecerá intacto.

### **Indicaciones para agregar un nuevo archivo HTML:**

1. Abrir el programa *Macromedia Dreamweaver*.
2. Seleccionar un nuevo archivo y una vez abierto seguir la siguiente ruta:  
*Modificar/Plantillas/Aplicar plantilla a página...*
3. Dreamweaver exige un sitio raíz para importar las plantillas, debe escogerse entonces el sitio de la herramienta de diseño de reactores.
4. Desde este sitio puede escogerse la plantilla que se desea utilizar según el módulo que se desea complementar, las plantillas se encuentran en la carpeta *sitio\_d\_reactores/Templates*.
5. Escribir el contenido del nuevo archivo HTML.
6. Crear los enlaces para todos los objetos de la plantilla.

### **Indicaciones para modificar un test existente ó agregar un nuevo test interactivo:**

La modificación o inclusión de un test es una labor muy sencilla, su verdadera dificultad reside en contar con la herramienta que permite publicar una prueba interactiva en formato *flash*.

*Wondershare Quizcreator* fue la herramienta utilizada en este trabajo, es altamente recomendada y puede descargarse desde la dirección electrónica <http://www.sameshow.com/quiz-creator.html>.

Una vez instalado *Wondershare Quizcreator* debe seguirse el siguiente procedimiento:

1. Abrir el quiz existente o crear uno nuevo. Los quizzes ya desarrollados se encuentran en la carpeta *sitio\_d\_reactores/Quizzes*.
2. Editar el quiz. En caso de que alguna pregunta incluya imágenes, éstas deben almacenarse en formato \*.jpg en la carpeta *sitio\_d\_reactores/Imágenes/Modulo n*; donde n corresponde al módulo al que pertenece el test interactivo.
3. Publicar el quiz como formato HTML: *Publish/HTML*
4. Abrir el quiz desde *Macromedia Dreamweaver* para aplicar una plantilla y agregar contenido en caso de ser necesario.

### **Indicaciones para agregar un nuevo módulo a la herramienta:**

De las modificaciones a realizar en la herramienta esta es sin duda la más compleja, ya que requiere de la creación de nuevos archivos HTML y de nuevas pruebas interactivas, además de la edición del entorno gráfico para dar cabida a un nuevo módulo.

A continuación se indicará como hacer la modificación del entorno gráfico:

1. Con la ayuda de un editor de imágenes crear una nueva pestaña similar a las de la navegación entre módulos, la pestaña debe estar marcada con el número 7 y un color característico para el módulo.
2. Abrir *Macromedia Dreamweaver*.
3. Crear una nueva plantilla en base a las anteriores, en la cual se incluya la pestaña del nuevo módulo resaltada y las de los demás módulos en gris.
4. Copiar la nueva pestaña y llevarla a tonos grises para incorporarla a las plantillas de los demás módulos.
5. Crear los enlaces necesarios para que todos los módulos estén interconectados.

Para elaborar los contenidos del nuevo módulo debe procederse según las indicaciones mostradas anteriormente.