

# PROGRAMA MULTIMEDIA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS OPERACIONES UNITARIAS: ABSORCIÓN Y EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO

LEONARDO RENNOLA ALARCÓN\*

leonardo@ula.ve  
Universidad de Los Andes.  
Facultad de Ingeniería.  
Mérida, Edo. Mérida.  
Venezuela.

Fecha de recepción: 12 de enero de 2006  
Fecha de aceptación: 17 de marzo de 2006



## Resumen

La inclusión de animaciones, fotografías o un video realista puede activar los sentidos de manera que se amplie la posibilidad de fijar mayor cantidad de información en una sola sesión de clase. La percepción sensorial puede aumentar desde un 20%, cuando es solo auditiva, hasta un 80% si se incluye un elemento interactivo (Wolf, 1996). Tomando conciencia de la importancia del uso del computador como herramienta de apoyo en la enseñanza, se decidió la realización de un programa multimedia, siguiendo la metodología expuesta por Dick y Carey citada por Fenrich (1997), que reuniera de manera sistemática y organizada toda la información sobre las operaciones unitarias absorción y extracción líquido-líquido, básicas en la formación de un ingeniero químico. Se hizo uso de tres paquetes computacionales: Visual Basic 6.0®, para realizar los programas de cálculo, Flash 5.0®, para crear las animaciones y Director 8.0®, para ensamblar toda la aplicación multimedia. El módulo se estructuró de manera sencilla y con una interfaz agradable para que el usuario pudiera tener un acceso fácil y ameno. Se espera que el módulo de enseñanza se convierta en una herramienta de apoyo para profesores y estudiantes, contribuyendo así al mejoramiento de la educación superior en Venezuela.

**Palabras clave:** educación, multimedia, absorción, extracción

## Abstract

*MULTIMEDIA PROGRAM FOR TEACHING UNITARY OPERATIONS: LIQUID-LIQUID ABSORPTION AND EXTRACTION*

*The inclusion of animations, photographs or a realistic video can activate the senses in a way that it widens the possibility of fixating more information in one class session. Sensorial perception can increase in 20%, if it is only auditive, up to 80% if an interactive element is included (Wolf, 1996). Understanding the importance of the use of computers as a helpful tool for teaching, a multimedia program was created, following the methodology explained by Dick and Carey in Fenrich (1997), that gathers in a systematic and organized way all the information on unitary operations on liquid-liquid absorption and extraction, basic in any chemical engineer's learning. Three computer packages were used: Visual Basic 6.0®, for the calculation programs, Flash 5.0®, to create the animations and Director 8.0®, to ensemble all the multimedia applications. The module was structured in a simple way with a pleasant interface so that the user could have easy and enjoyable access. The teaching module is expected to become a support tool for professors and students, contributing in this way to improving university education in Venezuela.*

**Key words:** education, multimedia, absorption, extraction



a enseñanza de una gran gama de conocimientos técnicos, tanto teóricos como prácticos, tal cual lo exige el estudio de la ingeniería, y más específicamente, de la ingeniería química, plantea la creciente necesidad de modificar y redimensionar la base estructural de los métodos de enseñanza aprovechando el desarrollo tecnológico actual. En este aspecto, el computador juega un papel protagónico como precursor del cambio requerido al ampliar de manera prácticamente ilimitada las posibilidades de difundir una gran cantidad de información. Por lo tanto, el computador debe convertirse en una herramienta al servicio del aprendizaje tanto de docentes como de estudiantes (Galvis, 1997).

Hasta ahora en ingeniería química se ha usado el computador como una potente herramienta de cálculo, y su mayor aplicación ha sido en el campo de la simulación de procesos. Programas como ASPEN Plus® y PRO – VISION® son una muestra fehaciente de este hecho en la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes. No obstante, se ha desaprovechado el potencial educativo de la informática para mejorar la enseñanza y obtener así un sistema educativo mucho más completo e integral.

Incluir animaciones, fotografías o un video realista, puede activar los sentidos de manera que aumente la posibilidad de fijar mayor cantidad de información en una sola sesión. Cuando la percepción sensorial es solo auditiva, la retención es cercana a un 20%. Cuando se incluyen audio y ayudas visuales, se incrementa a 40% y si el proceso también incluye un elemento interactivo, la retención aumenta a aproximadamente 80% (Wolf, 1996).

El acoplamiento de la multimedia con las técnicas tradicionales de enseñanza, puede resultar en un módulo a través del cual se comprenda y evalúen expresiones y ecuaciones matemáticas complejas, comunes en el campo de la Ingeniería; se comprendan conceptos físicos con la ayuda de una animación, que con una simple lectura no pueden ser completamente entendidos; se ilustren y comparen procesos, con el uso de fotografías y gráficos (Basu y Marsh, 1996).

Diferentes autores han escrito sobre el uso de programas comerciales como herramientas de ayuda en la

educación. Tal es el caso de la utilización de Microsoft Excel® en aplicaciones multimedia que logran motivar a los estudiantes a resolver problemas complejos (Galvis, 1997). El uso de Maple V®, que es un programa de resolución de problemas de matemática, ha servido para diseñar un texto matemático interactivo que permite incluir exhibiciones visuales, evaluación de preguntas y respuestas, gráficos para ilustrar y comprender la información manejada. Además, se pueden añadir colores que aumentan la diferenciación de objetos (Scheftic, 1993).

Tomando entonces conciencia de la actual importancia del uso del computador como una herramienta de apoyo en la enseñanza, se decidió llevar a cabo la realización de un programa multimedia que reuniera de manera sistemática y organizada toda la información concerniente a las operaciones unitarias de absorción y extracción líquido-líquido (Foust, A., Wenzel, L., Clump, L., Maus, L. y Andersen, L., 1974); Ludwig, 1997; Ocón, 1980; Perry, 1992; Suárez, 1995; Treybal, 1993). Este desarrollo es un complemento a la colección de programas educativos de operaciones unitarias desarrollada en el laboratorio multimedia de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes (Ortiz, Rennola y Bullón, 2004). Para ello se hizo uso de diversos paquetes computacionales, como por ejemplo VISUAL BASIC® versión 6.0, que es un lenguaje de programación de alto nivel con el que se realizaron los programas de cálculo destinados a facilitar la resolución de problemas típicos de estas operaciones unitarias. También se usó el programa FLASH 5.0®, el cual permitió la realización de animaciones que ayudan a visualizar y entender los conceptos que se quieren impartir. Por último, se empleó el programa DIRECTOR 8.0® con el cual se ensambló la plataforma que sustenta todo el marco teórico que, junto con las animaciones, videos, fotos y programas, logran un conjunto ordenado que permite un acceso sencillo, rápido y ameno a toda la información.

## 1. Materiales y métodos

La metodología utilizada para el diseño instruccional del programa es la expuesta por Dick y Carey citada por Fenrich (1997).

Esta metodología contempla diez fases: 1) identificar las metas instruccionales, 2) analizar las metas instruccionales, 3) analizar las habilidades, 4) identificar las habilidades y características de entrada, 5) determinar los alcances del aprendizaje, 6) desarrollar tests de referencia de criterios, 7) desarrollar una estrategia instruccional, 8) desarrollar y seleccionar los materiales instruccionales, 9) conducir evaluaciones formativas y 10) el producto final. Cada una de ellas fue analizada en su contexto particular para obtener el programa multimedia objeto de este artículo.

El objetivo principal del multimedia es presentar una herramienta que permita ampliar los conocimientos de un estudiante de ingeniería química del séptimo semestre de la carrera sobre las operaciones unitarias absorción y extracción líquido-líquido. El programa se limita a mostrar el contenido teórico básico de dichas operaciones unitarias y a realizar los cálculos de: 1) El diámetro de una torre de absorción, 2) El número de etapas de una torre de absorción, 3) Diseño de una torre de extracción líquido-líquido de una etapa y 4) Diseño de una torre de extracción líquido-líquido de múltiples etapas y flujo de solvente cruzado.

Para lograr una transición rápida al contenido de interés del multimedia, el estudiante debe poseer los conocimientos mínimos de manejo de programas interactivos tipo web.

El uso de videos, animaciones, imágenes fijas, textos y sonidos fue enfatizado para conseguir la motivación por el material. Adicionalmente, el programa permite realizar cálculos en un tiempo más reducido y repetirlos las veces que sean necesarios, para una mejor comprensión de los fenómenos físicos.

La navegación a través del programa se realizó creando pantallas consistentes, de uso intuitivo, con menús controlados por simples aplicaciones de botones y considerando todos los errores posibles a cometer por los usuarios para alertarlos en consecuencia.

Seguidamente se presentan las acciones realizadas para la producción del programa. Se diseñó la pantalla principal con sus respectivos menús, uno vertical, que contiene las secciones principales y uno horizontal, que es secundario, y permite el acceso a subsecciones, ir directamente al módulo de cálculo o a la ayuda, ver la dedicatoria o salir del sistema. Luego, se diseñaron las pantallas de las subsecciones, con interfaces sencillas y flexibles que permiten al usuario el acceso y respuestas rápidas. El paso siguiente consistió en realizar la búsqueda de la información tanto escrita, de sonido o gráfica que fue incluida en las secciones y subsecciones. La selección de los programas que permitieron la conexión entre las pantallas, la elaboración y puesta en marcha de las animaciones o la activación y confección del módulo de cálculo fueron los últimos pasos.



A continuación se presentan las tres etapas generales que comprendieron la elaboración del módulo educativo:

- 1.- Estructuración, definición y recuperación bibliográfica del contenido programático del módulo.
- 2.- Uso del lenguaje de programación Visual Basic 6.0® como herramienta para los cálculos matemáticos.
- 3.- Uso de los programas Macromedia Director 8.0® y Macromedia Flash 5.0® para la creación de las aplicaciones multimedia.

## 2. Software utilizado

### 2.1. Visual Basic 6.0®

Visual Basic® es un lenguaje de programación de alto nivel que usa como medio de aplicación el sistema operativo Windows® 95 o superior. Este lenguaje de programación es empleado por lo general para diseñar programas de gestión en donde resulta preponderante tener acceso intensivo a bases de datos. Una de las características más importantes que diferencian a este lenguaje de programación de otros lenguajes de alto nivel es, que como su propio nombre lo indica, su ambiente de trabajo es muy “Visual”. De hecho, en primer lugar se esboza el aspecto general del programa a crear y posteriormente se especifican los lineamientos y funciones que este debe seguir.

Una vez que se ha creado el diseño general del programa en lo que se llama un “Formulario”, que es como el papel tapiz en el que se añaden todos los elementos y/o controles que el programa requiere, es necesario especificar las “propiedades” de estos controles. Estas propiedades determinan el aspecto visual y comportamiento que éstos han de tener, como, por ejemplo, el nombre (name), color (backcolor), etc. Luego es necesario escribir el código que especifique los eventos que afectaran los controles, creando así una secuencia de sucesos que posteriormente transformarán una cierta información inicial en un resultado lógico (Joyanes & Muñoz, 2000).

El uso de este lenguaje de programación, dentro del desarrollo del módulo de enseñanza, cumplió el objetivo de crear programas de cálculo que permiten resolver problemas típicos de las operaciones unitarias de Absorción y Extracción líquido-líquido.

### 2.2. Macromedia Flash 5.0®

Flash® es un programa que permite crear películas animadas, como una consecución de imágenes que siguen una secuencia lógica. Estas películas están compuestas primordialmente por imágenes vectoriales, aunque también pueden contener imágenes de mapas de bits y sonidos. Las películas Flash® son gráficos vectoriales compactos que se descargan y adaptan de inmediato al tamaño de la pantalla del usuario. Una de las características que hace versátil el programa es la posibilidad de incorporar



a las animaciones interacción con los espectadores, ya sea por medio de la introducción de datos o la capacidad de responder a un clic o posicionamiento del ratón. Flash® permite animar objetos para dar la impresión de que se mueven en el escenario, así como cambiar de forma, tamaño, color, opacidad, rotación y muchas otras propiedades (Armas, C., Cabañas, R., Denis, A., Pozo, M. y Velasco, T., 2001).

El uso de Macromedia Flash® 5.0 permitió crear animaciones que sirven de ilustración a los conceptos y fundamentos que se quieren impartir en el módulo de enseñanza, haciendo de estos algo ameno y divertido, mejorando la pedagogía y, por lo tanto, aumentando la retentiva del estudiante.

### 2.3. Macromedia Director 8.0®

Macromedia Director® es un sistema de autor, una poderosa herramienta de creación multimedia de posibilidades casi ilimitadas. Sin apenas necesidad de programar podemos desarrollar nuestras propias aplicaciones (presentaciones sencillas, juegos más complicados, enciclopedias interactivas, etc.), y si se profundiza un poco más dentro del programa y se aprende a utilizar “Lingo” (el lenguaje de programación propio de Director) veremos notablemente aumentadas todas sus posibilidades.

La interfaz intuitiva permite combinar gráficos, sonido, video y prácticamente cualquier tipo de elemento multimedia, combinándolos en el orden que queramos para crear lo que el programa llama una “Película”. El programa organiza el trabajo como si de una película se tratara, en la que nosotros decidimos qué actores entran a escena, cómo se sitúan y cuándo lo hacen (Cerón, 2000).

Este programa permitió crear la plataforma en la que se sustentan tanto el marco teórico como las animaciones y los programas de cálculo. En él se ensamblaron todas las piezas para lograr un conjunto ordenado y sistemático que posee la interfaz final que permite consumir el proyecto como una obra ya terminada.

## 3. Estructura del módulo

El programa multimedia para la enseñanza de las operaciones unitarias Absorción y Extracción L-L, se dividió en dos secciones con idénticas características, diferenciadas tan solo por su contenido temático. La interfaz gráfica está estructurada de la siguiente manera:

Un menú central con dos opciones en forma de texto animado:

- Absorción
- Extracción L - L

En este menú se puede elegir una de las operaciones unitarias y acceder así a todo su contenido. Dentro de cada una de estas secciones se encuentra un diseño similar que consta de un menú lateral con las siguientes opciones:

- *Fundamentos teóricos de la Absorción o Extracción L -L*. En esta sección se presentan los conceptos, métodos de cálculo y principios básicos asociados con cada una de estas operaciones unitarias.
- *Diseño de Equipos*. En esta unidad se muestran los diferentes tipos de equipos, su funcionamiento, sus usos más extendidos y otros detalles relacionados.
- *Módulo de Cálculo*. Esta sección abarca los distintos programas de cálculo desarrollados para resolver problemas típicos del proceso y del diseño de equipos que involucran cada una de las operaciones en cuestión.
- *Galería de imágenes*. Aquí se muestran videos relacionados con cada uno de los equipos utilizados en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes. Adicionalmente, se tiene acceso a fotos que muestran distintos equipos industriales empleados para llevar a cabo estos procesos.
- *Glosario*. Esta sección contiene los términos relacionados con cada operación unitaria ordenados de manera alfabética y con disposición de un motor de búsqueda apropiado.

Por otro lado cada sección esta compuesta por los siguientes elementos en forma de botones:

- Retroceder (flecha hacia la izquierda): Desplaza el programa a la última página visitada según el historial.
- Avanzar (flecha hacia la derecha): Desplaza el programa a la siguiente página conceptual (según el historial).
- Ayuda (símbolo de interrogación): Orienta al usuario acerca del uso general del módulo de enseñanza.
- Menú principal: Un botón de comando que de ser accionado muestra la página inicial en donde se podrá seleccionar nuevamente una de las dos operaciones unitarias.
- Salir: Un botón de comando que permita abandonar la aplicación y retornar al ambiente del sistema operativo Windows.

## 4. Resultados

Como producto final de este trabajo se obtuvo el “Módulo interactivo para la enseñanza de Absorción y Extracción L-L”.

El módulo muestra primeramente, luego de una breve presentación, un menú principal inicial en donde el usuario debe elegir una de las dos operaciones unitarias, para de esta forma acceder a toda la información pertinen-

te al tema. Una vez que el usuario ha hecho una elección se le presenta una interfaz gráfica estructurada de la siguiente manera:

Un menú lateral izquierdo con las opciones que se muestran a continuación:

- Fundamentos teóricos
- Diseño de equipos
- Módulo de cálculo
- Galería de imágenes

Y en este mismo lado un poco más abajo se hallan botones que acceden a:

- Glosario básico
- Ayuda

En la parte superior derecha se encuentra ubicado un botón que le da la oportunidad al usuario de regresar al menú principal y en la parte superior izquierda uno que le permite salir del programa. Una vez que se ha accedido a un tema en particular se activan en la parte inferior izquierda los botones de avanzar y retroceder que dan la posibilidad de navegar a través de las distintas ventanas que componen cada tema. Entre el botón de salir y de menú principal se encuentra una pequeña pantalla animada que muestra en todo momento el nombre de la operación unitaria que se está estudiando.

A continuación se presenta un breve resumen del contenido y la forma de cada una de estas opciones.

### Menú principal

Luego de una breve presentación, la ejecución del programa muestra una pantalla inicial como se aprecia en la Figura #1

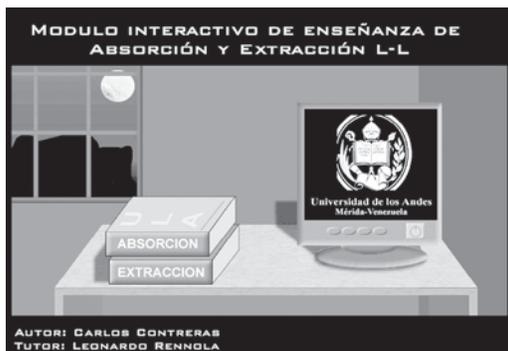


Figura # 1. Pantalla inicial

Aquí el usuario debe elegir una de las dos opciones haciendo clic con el botón izquierdo del ratón sobre los botones en forma de libro que poseen el nombre de cada una de las operaciones unitarias correspondientes. El usuario también puede decidir salir del programa desde

esta ventana haciendo clic sobre el botón ubicado en la parte inferior derecha del dibujo en forma de monitor.

### Fundamentos teóricos

Una vez que el usuario ha accedido a una de las dos opciones principales pasa a una pantalla que le mostrará un índice de los temas relacionados con principios básicos y conceptos fundamentales que involucran la operación unitaria seleccionada. Desde esta pantalla el usuario puede tener acceso a cualquiera de los temas tan solo haciendo clic con el botón izquierdo del ratón sobre cualquiera de ellos (Ver Fig. #2).

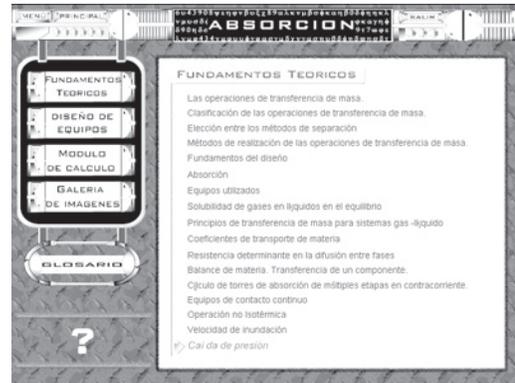


Figura #2. Pantalla de Fundamentos teóricos

### Diseño de equipos

Esta sección permite mostrar los fundamentos básicos de elección y diseño de equipos para cada una de las operaciones unitarias en cuestión. Al pulsar sobre este botón inmediatamente se enseña un índice con todos los temas relacionados a esa opción. La interfaz grafica se mantiene muy similar a la anterior (Ver Fig. #3).

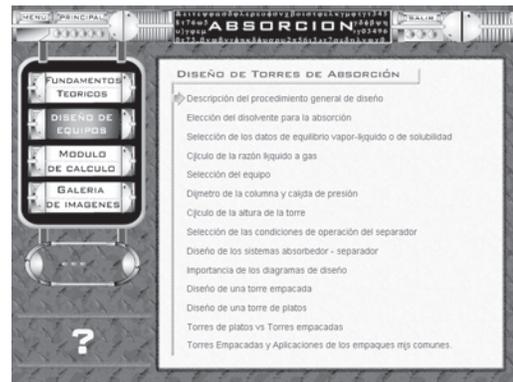


Figura #3. Pantalla Diseño de equipos

### Módulo de cálculo

Este botón ejecuta la pantalla principal del módulo de cálculo en donde el usuario podrá elegir entre cuatro (4) procedimientos para el cómputo de diferentes variables (Ver Fig. #4).

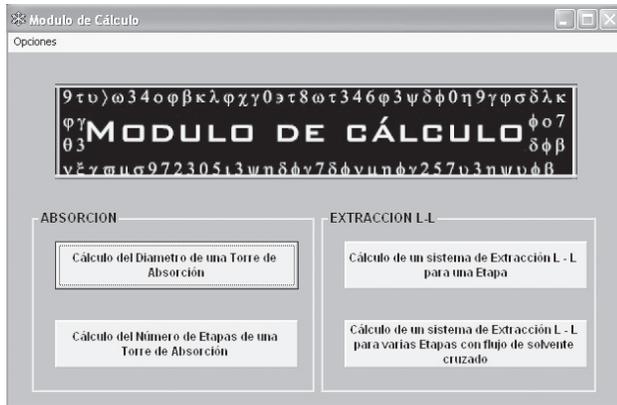


Figura # 4. Pantalla inicial del módulo de cálculo

A continuación se muestran las interfaces finales de dos de los procedimientos de cálculo.

### Cálculo del diámetro de una Torre de Absorción

Este programa permite calcular el diámetro de una torre de absorción con base en los datos de los fluidos y la caída de presión aproximada dentro de la torre, la información debe ser introducida por el usuario en las casillas correspondientes. La interfaz del programa de muestra en la Figura # 5.

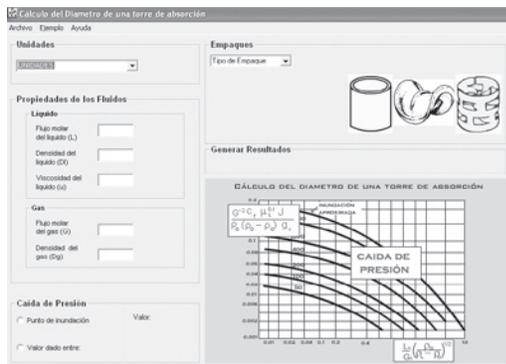


Figura # 5. Pantalla del programa para el cálculo del diámetro de una torre de absorción

### Cálculo de un sistema de Extracción L-L para una etapa

Este programa permite hallar las cantidades y composiciones del refinado y el extracto de un problema de extracción L-L en donde se utiliza una sola etapa para lograr la separación. El programa posee la opción de realizar el balance de materia en composiciones libres de solvente o en composiciones normales, así como graficar los datos en los tres tipos posibles de diagramas, Triangular, Rectangular y Libre de solvente. También posee algunas curvas de equilibrio predeterminadas para sistemas específicos. La Figura #6 muestra la interfaz gráfica del programa.

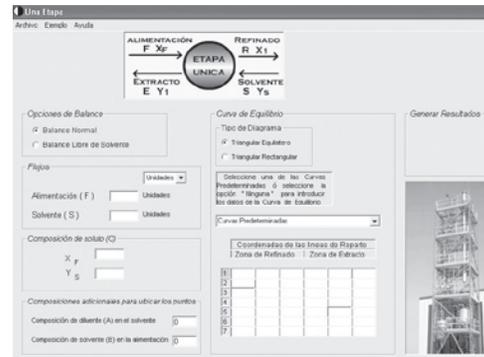


Figura # 6. Programa para el cálculo de un sistema de Extracción L-L para una etapa

Los resultados se presentan en otra ventana como la que se enseña en la figura # 7.

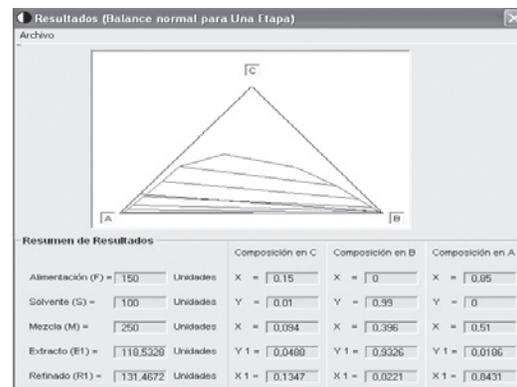


Figura # 7. Pantalla de resultados generados por el programa de cálculo de un sistema de Extracción L-L para una etapa

### Galería de imágenes

En esta sección se muestra, en primer lugar un video correspondiente al equipo utilizado en el laboratorio de operaciones unitarias de la escuela de Ingeniería Química para cada una de las operaciones en cuestión. Luego se muestra una serie de fotos correspondientes a diversos equipos empleados en estas operaciones unitarias. Para navegar a través de las distintas páginas se activan los botones de avanzar y retroceder. La interfaz general se puede observar en la figura # 8:



Figura # 8. Pantalla de la Galería de Imágenes

### Archivo de ayuda

En este apartado se encuentra un sencillo archivo de fácil navegación en donde se visualiza, a través de animaciones, el funcionamiento general del módulo y todas sus partes (Ver Fig. # 9).



Figura # 9. Pantalla del Archivo de ayuda

El producto final es un disco compacto donde se encuentra depositada toda la información desarrollada.

## Bibliografía

- Armas, C., Cabañas, R., Denis, A., Pozo, M. y Velasco, T. (2001). *Tutorial Macromedia Flash 5*. Disponible: <http://www.flash-es.net/tuto5/intro5.html>. [consulta: 2001, Diciembre 18].
- Basu, P. y Marsh, D. (1996). Development of a Multimedia - Based instructional program for graduate and senior - level class. *Chemical Engineering Education*, Fall, 272-277.
- Cerón, C. (2000). Tutorial Macromedia Director 8. Disponible: <http://www.flash-es.net/director/intro.html> [consulta: 2002, Enero 15].
- Fenrich, F. (1997). *Practical Guidelines for creating Instructional Multimedia Applications*. USA: The Dryden Press.
- Foust, A., Wenzel, L., Clump, L., Maus, L. y Andersen, L. (1974). *Principios de operaciones unitarias*. Sexta impresión. México: Compañía editorial Continental S. A.
- Galvis, A. (1997). Informática en educación: Hacia lo que hace la diferencia y tiene sentido. *Informática Educativa*, 10(1), 9-35.
- Galvis, A. y Pieruzzi, J. (2000). Síntesis de propuestas seminario virtual sobre educación en la era digital. *Informática Educativa*, 13(1), 9-21.
- Joyanes, L. y Muñoz, A. (2000). *Microsoft Visual Basic 6.0, Iniciación y Referencia*. España: McGraw-Hill.
- Ludwig, E. (1997). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. Tomo II. Segunda edición. USA: Gulf Publishing Company.
- Ocon, J. y Tojo, G. (1980). *Problemas de ingeniería química*. Tomo II. Madrid, España: Aguilar.
- Ortiz, J., Rennola, L. y Bullón, J. (2004). Módulo educativo multimedia para la enseñanza de dinámica y control de procesos. *Acción Pedagógica*, 13(2).
- Perry, R. (1992). *Manual del ingeniero químico*. Tomo IV. Sexta Edición (Tercera en español). México: McGraw-Hill.
- Scheffic, C. (1993). Interactive Mathematics texts: Ideas for developers. En *Proceedings of the Maple Summer Workshop and Symposium (MSWS '93)*. Waterloo, Ontario, Canada: Waterloo Maple Software.
- Suárez, J. (1995). *Fisicoquímica para ingenieros químicos*. Escuela de Ingeniería química. Facultad de ingeniería. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Treybal, R. (1993). *Operaciones de transferencia de masa*. Segunda edición. México: McGraw-Hill.
- Wolf, J. E. (1996). Teaching Transport Phenomena with Interactive Computers to the Nintendo Generation. *Chemical Engineering Education*. Winter, 40-45.

## 5. Conclusiones

La informática es una poderosa herramienta que puede emplearse como medio de apoyo para mejorar sustancialmente la educación a través del uso de los recursos multimedia que esta nos facilita.

Así pues, haciendo uso de tres programas primordiales como lo son, "Visual Basic 6.0", "Macromedia Flash 5.0" y "Macromedia Director 8.0" se logró diseñar un programa educativo multimedia destinado a la enseñanza de las operaciones unitarias Absorción y Extracción L-L. Se espera que el módulo de enseñanza se convierta en una herramienta de apoyo para profesores y estudiantes de ingeniería química, contribuyendo así al mejoramiento de la educación superior en Venezuela. ©

\*Ingeniero Químico, Universidad Simón Bolívar, Caracas. Msc. Colorado State University. Profesor Asociado, Coordinador Especialización en Ingeniería de Procesos. Jefe Departamento de Operaciones Unitarias y Proyectos, Universidad de Los Andes. Investigador en Simulación, Educación multimedia, Tratamiento de Aguas Residuales y Membranas. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Universidad de Los Andes.