

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA
EDUCATIVA INTERACTIVA ORIENTADA A LAS
OPERACIONES UNITARIAS CON TRANSFERENCIA DE MASA**

ALEXANDER ARDILA LABIOSA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA

2004

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA
EDUCATIVA INTERACTIVA ORIENTADA A LAS
OPERACIONES UNITARIAS CON TRANSFERENCIA DE MASA**

ALEXANDER ARDILA LABIOSA

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Químico

Director
JORGE ENRIQUE PULIDO FLOREZ
Ingeniero Químico

Codirector:
EDGAR FERNANDO CASTILLO
Ingeniero Químico. PhD

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
BUCARAMANGA

2004

*A mis padres, por su apoyo incondicional y su gran paciencia.
A mi Hermano, por su ayuda y además ser ejemplo de excelencia.
A mi sobrina, proveedora de felicidades.
Y a Dios, el gran mentor de esta conquista.
Alex Corp.*

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA EDUCATIVA INTERACTIVA ORIENTADA A LAS OPERACIONES UNITARIAS CON TRANSFERENCIA DE MASA*

AUTORES:

Alexander Ardila Labiosa**

PALABRAS CLAVES:

Multimedia, Hipermedia, XML, HTML, Tutorial, Interactivo.

DESCRIPCIÓN:

En nuestro contexto actual, se hace cada vez más evidente la importancia de desarrollar estrategias educativas innovadoras que faciliten el acceso al conocimiento científico e investigativo disponible a través de diversos medios, en especial los suministrados por los avances en la informática educativa, la cual centra su interés en el desarrollo de nuevos modelos educativos que le permitan a los educandos el desarrollo de destrezas de pensamiento y una gran capacidad para procesar información y producir conocimientos.

Debido a esto, se plantea la creación de ambientes educativos con un aprendizaje heurístico, el cual se puede lograr a partir de el diseño de nuevos ambientes que permitan al alumno la construcción de su propio conocimiento al tener acceso a los nuevos adelantos tecnológicos, interactuando con la información necesaria de acuerdo a sus características de aprendizaje, experiencias, ritmo e intereses.

Los programas educativos pueden tratar las diferentes materias de formas muy diversas (a partir de cuestionarios, facilitando una información estructurada a los alumnos, mediante la simulación de fenómenos...) y ofrecer un entorno de trabajo más o menos sensible a las circunstancias de los alumnos y más o menos rico en posibilidades de interacción.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico – Químicas. Escuela de Ingeniería Química.
Director, Jorge Enrique Pulido

SUMMARY

TITLE:

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE EDUCATIONAL TOOL WITH APPROACH TO UNIT OPERATIONS WITH MASS TRANSFER*

AUTHORS:

Alexander Ardila Labiosa**

KEYWORDS

Multimedia, Hypermedia, XML, HTML, Tutorial, Interactive.

DESCRIPTION:

Recently, is more evident the importance to develop educational strategies to make easy the access to scientist and research knowledge available in several ways, in special, the advances in educational computing, that focus one's attention on develop new educational models that allow to develop skills of thought and to generate a great capacity of information and to produce knowledge.

Due to this, it is establish the creation of educational environment with heuristic learning that it is possible to do with designs of new environment than allow to the students the construction of their own knowledge, with the access to new technological advances, using necessary information depending of their learning characteristics, rhythm, interest, and experiences.

The educational programs are able to deal with different subjects of many forms (from questions, to make easy structure information to students, through of phenomenon simulations...) and to offer a work environment sensible to interaction possibilities.

* Degree Work

* Physical-Chemical Engineering Faculty, Chemical Engineering, Director, Jorge Enrique Pulido

CONTENIDO

	Pags.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
1. EL COMPUTADOR COMO MEDIO DE ENSEÑANZA	6
1.1. INICIOS DE LA MÁQUINA PARA LA DOCENCIA	8
1.2. LA ENSEÑANZA PROGRAMADA	9
1.3. SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES	12
2. EDUCACIÓN VIRTUAL	15
2.1. MODELOS DE ENSEÑANZA VIRTUAL	16
2.1.1. Constructivista	16
2.1.2. Transmisión Recepción	16
2.1.3. Por Descubrimiento	16
2.1.4. Conductista	17

3.	CLASIFICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DIDÁCTICOS	18
3.1.	TUTORIALES DIRECTIVOS	18
3.2.	TUTORIALES NO DIRECTIVOS	19
3.3.	TUTORIALES	20
3.3.1.	Lineales	21
3.3.2.	Ramificados	22
3.3.3.	Entornos Tutoriales	23
3.3.4.	Sistemas Tutoriales Expertos	24
3.4.	BASES DE DATOS	24
3.4.1.	Convencionales	25
3.4.2.	Tipo Sistema Experto	25
3.5.	SIMULADORES	25
3.5.1.	Modelos Físico-Matemático	26
3.5.2.	Entornos Sociales	26
3.6.	CONSTRUCTORES	27
3.6.1.	Específicos	27
3.6.2.	Lenguajes de Programación	27
3.7.	PROGRAMAS HERRAMIENTA	28
3.7.1.	Procesadores de Texto	28
3.7.2.	Gestores de Bases de Datos	29
3.7.3.	Hojas de Cálculo	29
3.7.4.	Editores Gráficos	29
3.7.5.	Programas de Comunicaciones	29
3.7.6.	Programas de Experimentación Asistida	30
3.7.7.	Lenguajes y Sistemas de Autor	30

4. ESTRUCTURA BÁSICA DE LOS PROGRAMAS EDUCATIVOS . 31

4.1.	INTERFAZ	31
4.1.1.	Comunicación Programa-Usuario	31
4.1.2.	Comunicación Usuario-Programa	32
4.2.	BASES DE DATOS	32
4.2.1.	Modelos de Comportamiento	32
4.2.2.	Tipo Texto	33
4.2.3.	Gráficos	33
4.2.4.	Sonidos	33
4.3.	MOTOR O ALGORITMO	33
4.3.1.	Lineal	33
4.3.2.	Ramificado	33
4.3.3.	Tipo Entorno	33
4.3.4.	Tipo Sistema Experto	34

5. FUNCIONES DEL SOFTWARE EDUCATIVO 35

5.1.	FUNCIONES QUE PUEDEN REALIZAR	35
5.1.1.	Informativa	35
5.1.2.	Instructiva	36
5.1.3.	Motivadora	36
5.1.4.	Evaluadora	36
5.1.5.	Investigadora	37
5.1.6.	Expresiva	37
5.1.7.	Metalingüística	38
5.1.8.	Lúdica	38
5.1.9.	Innovadora	38

6. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	39
6.1. FASE I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	40
6.1.1. HTML	41
6.1.2. XML	41
6.1.3. Hipermedia	42
6.1.4. Multimedia	43
6.2. FASEII: ANÁLISIS.....	44
6.2.1. Análisis de Contenido	44
6.2.1.1. Fundamentos	44
6.2.1.2. Operaciones de Transferencia de Masa	45
6.2.1.3. Diseño de Equipos	46
6.2.1.4. Aplicaciones Industriales	47
6.2.2. Requerimientos Técnicos	47
6.2.3. Características de Usuarios	48
6.3. FASE III: DISEÑO DEL PROGRAMA	48
6.3.1. Diseño de Contenidos	48
6.3.2. Elementos Multimedia	49
6.3.3. Interfaz	50
6.3.4. Interactividad	50
6.4. FASE IV: DESARROLLO DEL PROGRAMA	51
6.4.1. Desarrollo del Prototipo	51
6.4.1.1. Interfaz	52
6.4.1.2. Páginas Web	58
6.4.1.3. Aplicaciones Complementarias	59
6.4.1.3.1. Difusividad de Gases	60
6.4.1.3.2. Absorción de Gases (Columnas Empacadas).....	63
6.4.1.3.3. Absorción de Gases (Torres de Platos)	68

6.4.1.3.4.	Destilación Binaria	73
6.4.1.3.5.	Elaboración de los XML	76
6.4.2.	Elaboración de los Recursos Multimedia	78
6.4.3.	Integración de Recursos	80
6.5.	FASE V: EXPERIMENTACIÓN Y VALIDACIÓN.....	80
6.5.1.	Evaluación Experta	80
6.5.2.	Evaluación analítica y por Observación	80
6.6.	FASE VI: ELABORACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL	81
6.7.	FASE VII: ELABORACIÓN DEL MATERIAL COMPLEMENTARIO.	81
7.	CONCLUSIONES	82
8.	RECOMENDACIONES	84
	BIBLIOGRAFÍA	85
	ANEXOS	90

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1	53
Figura 2	53
Figura 3	55
Figura 4	56
Figura 5	57
Figura 6	59
Figura 7	61
Figura 8	62
Figura 9	62
Figura 10	66
Figura 11	67
Figura 12	67
Figura 13	68
Figura 14	71
Figura 15	71
Figura 16	72
Figura 17	74
Figura 18	74
Figura 19	75
Figura 20	75
Figura 22	79

INTRODUCCION

El aprendizaje es un proceso activo en el que el sujeto tiene que realizar una serie de actividades para asimilar los contenidos informativos que recibe. Según repita, reproduzca o relacione los conocimientos, realizará un aprendizaje repetitivo, reproductivo o significativo. Las actividades de los programas convienen que estén en consonancia con las tendencias pedagógicas actuales, para que su uso en las aulas y demás entornos educativos provoque un cambio metodológico en este sentido.

El mundo moderno exige estar cada vez más preparado, hay una necesidad de capacitación continua, de un aprendizaje permanente y esta situación ha hecho que se produzca un gran crecimiento de estudiantes no tradicionales. Emerge así el impulso de un nuevo paradigma educacional.

Una de las soluciones que se plantea para resolver esta problemática, es el software educativo como una herramienta que favorece la educación abierta y a distancia. Definimos educación a distancia como el fenómeno educativo que permite a cualquier estudiante acceder sistemáticamente al conocimiento a través de diferentes tecnologías, en este caso a través del *software* educativo. En este tipo de educación, a través del uso de un conjunto de medios didácticos los estudiantes complementan la asistencia a clases regulares, pero a su vez hace al individuo responsable de su propio aprendizaje.

El desarrollo de ambientes de software interactivos para apoyar metodologías activas de aprendizaje ha sido descrito en profundidad en la literatura y en otros medios. Es así como desde hace algún tiempo algunos autores piensan que tecnologías como *software*, *Multimedia* y, recientemente, *Internet*, pueden constituirse en “buenas herramientas” para diseñar ambientes de *software* que faciliten y estimulen la construcción de un modelo de aprendizaje en los aprendices.

Diversas experiencias en el mundo revelan que existe consenso en el uso de tecnologías que estén en consonancia con el mundo en que vive el aprendiz. Bajo esta perspectiva, desde hace unos años hemos visto un desarrollo creciente de una serie de productos computacionales destinados a estimular y apoyar el desarrollo de un aprendizaje activo y constructivo.

En nuestro contexto actual, se hace cada vez más evidente la importancia de desarrollar estrategias educativas innovadoras que faciliten el acceso al conocimiento científico e investigativo disponible a través de diversos medios, en especial los suministrados por los avances en la informática educativa, la cual centra su interés en el desarrollo de nuevos modelos educativos que le permitan a los educandos el desarrollo de destrezas de pensamiento y una gran capacidad para procesar información y producir conocimientos.

La incursión de las nuevas tecnologías en los entornos educativos trae en conjunto una gran cantidad de ventajas asociadas a la mejora de la comunicación, a la posibilidad de compartir información y a la eliminación de barreras espacio-temporales. Todas estas innovaciones tecnológicas hacen

necesaria la creación de nuevos modelos de aprendizaje y de nuevos mecanismos para manejar la ingente cantidad de información disponible (búsqueda, ordenación, procesamiento y utilización de la información). Estos cambios afectan no sólo a los recursos tecnológicos involucrados en el sistema educativo sino también a los procesos cognitivos, es decir a las representaciones mentales y la forma en que se procesa el conocimiento. El individuo debe por tanto adquirir nuevas habilidades no sólo en el manejo de las herramientas sino también en la forma de aprender y procesar la información.

La incorporación gradual de las nuevas tecnologías a la enseñanza se enfrenta con dificultades tanto en el campo de la tecnología (complejidad de los equipos, variedad de plataformas, sistemas operativos, herramientas de software, etc.), como en el campo de la educación en el que aparecen barreras actitudinales (tecnofobia) y formativas (desconocimiento de las nuevas tecnologías y sus capacidades pedagógicas)

Este trabajo presenta, entonces, una aplicación centrada en el diseño y desarrollo de un software educativo, sobre *las Operaciones Unitarias con Transferencia de Masa*, el cual se fundamenta en el perfeccionamiento de la calidad y eficiencia de los procesos de enseñanza aprendizaje en el área de las Operaciones Unitarias, tratando que los materiales y herramientas utilizadas para llevar a cabo éste fin sean lo suficientemente fáciles de manejar para reducir las dificultades que se puedan presentar, unas de las cuales fueron estipuladas anteriormente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar un software educativo o material computacional capaz de presentar características de apoyo al proceso de aprendizaje de las Operaciones de Transferencia de Masa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Seleccionar un contenido apropiado que sirva como base del conocimiento de las Operaciones de Transferencia de Masa.
- Estructurar un software que sirva de orientación en la Operación de Absorción de Gases, incluyendo el diseño del equipo necesario para llevar a cabo esa operación.
- Edificar un modulo informático enfocado en las operaciones de Destilación Binarias, basado en aspectos funcionales, técnicos y pedagógicos, evitando la simple memorización, con la presentación de entornos heurísticos.

- Presentar ante el usuario un módulo de auto evaluación para que el estudiante sea capaz de adquirir un estado de motivación que le permita realzar la voluntad de aprender significativamente.

1. EL COMPUTADOR COMO MEDIO DE ENSEÑANZA

Se considera medio de enseñanza a todos los componentes del proceso docente que actúan como soporte material de los métodos (instructivos o educativos), con el propósito de lograr los objetivos planteados.¹⁸

Desde que el hombre comenzó a hablar, la palabra fue el primer y más importante medio de comunicación; ya antes de esta renovación racional, el gesto, la acción, los sonidos aún pobremente articulados o los que producían con piedras y pieles estiradas, fueron los primeros medios de que se valieron los hombres para comunicarse entre sí y hacer llegar a las nuevas generaciones los elementos necesarios para vivir y actuar sobre el mundo circundante.¹⁸

Los poemas de Homero y las fábulas de Esopo fueron utilizados por los maestros de la antigua Grecia como modelos para sus alumnos. Los científicos de Alejandría tuvieron este punto de partida cuando prepararon los primeros libros de textos para las escuelas. En su obra más importante, la *Didáctica Magna*, Juan Amos Comenio establece: "... todo lo que pueda ser percibido por los sentidos, que así sea: lo que se ve, que sea percibido mediante la vista; lo que se oye, mediante el oído; lo que tenga olor, mediante el olfato; lo que tenga sabor, mediante el sentido del gusto; lo que pueda tocarse con el tacto. Si algunos objetos pudieran percibirse sólo

instantáneamente mediante algunas sensaciones, pues que se percibían instantáneamente por esas sensaciones.²¹

A partir de 1880, la "explosión" tecnológica cambió el mundo de la educación totalmente en todos los campos; los aportes de las ciencias y la industria fueron llevados a la clase. Surgen entonces materiales como las filminas, diapositivas y películas para sumarse a los que ya existían anteriormente.

En la primera década del presente siglo se fundaron los museos escolares y ya, en 1910 surgen los primeros catálogos de cine educacional, cuyo florecimiento se logra entre 1990 y 1910. A finales de los años 20 se introdujo en la enseñanza el cine sonoro.

La Primera Guerra Mundial demandó una instrucción rápida y eficiente que provocó cambios sustanciales en las concepciones educativas de muchos países, especialmente los capitalistas; fue entonces que se ofrecieron los primeros cursos sobre medios de enseñanza a profesores, se fundaron las primeras organizaciones profesionales de enseñanza visual, a nivel local y nacional, aparecieron las primeras revistas especializadas, se reportaron las primeras investigaciones y se organizaron las primeras unidades administrativas.³¹

La televisión aparece oficialmente entre 1923 y 1933, pero las primeras aplicaciones oficiales en la enseñanza comienzan a registrarse a partir de 1945, lo que constituyó la esperanza educativa de la posguerra.

La puesta en órbita del primer satélite artificial de la Tierra por la Unión Soviética, el 4 de octubre de 1957, conmocionó el sistema educativo

norteamericano y en general del mundo occidental, se inicia entonces una búsqueda renovadora con la intención clara de proporcionar un cambio radical y disminuir esta desventaja. Como parte de esas tendencias se introducen en los sistemas educacionales de Estados Unidos infinidad de dispositivos técnicos, además de una remodelación de los planes y programas de estudio; surgen entonces medios tan novedosos como los laboratorios de idiomas audio activos comparativos, la televisión en circuito cerrado con video-grabadoras domésticas, las máquinas de enseñar y la enseñanza asistida por computadora.⁴

1.1. INICIOS DE LAS MÁQUINAS PARA LA DOCENCIA

A principio de los años 60 las computadoras habían comenzado a extenderse por las universidades, sobre todo en Estados Unidos, y su uso empezó a ser parte integrante de la formación de los estudiantes universitarios en algunas carreras. Pronto se empezó a tratar de utilizar experimentalmente esas mismas computadoras en otros niveles de enseñanza.

Patrick Suppes, filósofo y matemático de la universidad de Stanford, en un artículo que apareció en 1966, en la popular revista *Scientific American*, resumía las expectativas y las ideas de ese momento y sostenía que la verdadera función revolucionaria de las computadoras en la educación, se debía a la nueva área de la instrucción asistida por computadora. Allí comenzaba prediciendo que: "dentro de unos pocos años millones de escolares tendrán acceso a algo de lo que gozaba el hijo de Filipo de

Macedonia, Alejandro, como una prerrogativa real: los servicios personales de un tutor tan bien informado e idóneo como Aristóteles".

1.2. LA ENSEÑANZA PROGRAMADA

En los años 50 aparecieron los primeros sistemas de enseñanza, los llamados *programas lineales*, en los que ningún factor podía cambiar el orden de enseñanza establecido en su momento por el programador. Estos sistemas desconocían la posibilidad de que el alumno no hubiera entendido correctamente los conceptos expuestos hasta el momento.

Esta delimitación tiene su origen en la teoría conductiva defendida en su momento por BF Skinner (1950), que propugnaba que las personas funcionaban por estímulos en dependencia de cuales fueran estos, se obtendrían unas respuestas concretas.

Los programas lineales no ofrecían una enseñanza individual, es decir, todo alumno recibía el mismo conocimiento y exactamente en la misma secuencia. En el desarrollo de una sesión de enseñanza no se tenía en cuenta la aptitud del alumno; si le era más rápido entender las cosas, si aprendía mejor con ejemplos que con explicaciones...²⁵

Los sistemas lineales están compuesto por:²⁸ salida del programa, entrada del alumno y reacción del programa.

La mayor contribución de la programación lineal consiste en subrayar la importancia de la retroalimentación. La individualización que se aplica al

alumno consiste en que trabaja con el material al ritmo que considera más apropiado.

Los sucesores de los programas lineales fueron los *programas ramificados*, con un número fijo de temas, igual que los programas lineales, pero con capacidad para actuar según la respuesta del alumno. La mejoría ofrecida por estos sistemas se consiguió gracias a la técnica de *Pattern-matching* y al diseño de lenguajes de autor. En cuanto a la técnica de *Pattern-matching*, permitía tratar las respuestas del alumno como aceptables o parcialmente aceptables, en lugar de totalmente o incorrectas como exigía la propuesta de Skinner.

Por tanto, los programas ramificados pueden ajustar el temario a las necesidades del usuario, repitiendo textos de explicación, volviendo hacer ejercicios, etcétera. De alguna forma el sistema de enseñanza tiene estructurado su conocimiento como un organigrama, en función de la respuesta del alumno. Aunque mejoran las facilidades de los programas lineales, no ofrecen una enseñanza individual; a igual respuesta corresponde igual actuación del sistema, independiente del alumno.

A finales de los años 60 y principios de los 70 (1967-1971) surgieron los *sistemas generativos*, asociados a una nueva filosofía educativa que manifiesta: "los alumnos aprenden mejor enfrentándose a los problemas de dificultad adecuada, que atendiendo a explicaciones sistemáticas"; es decir, adaptando la enseñanza a sus necesidades.²⁵

Estos sistemas surgieron al reconocerse el hecho de que el material de enseñanza podría ser generado por la misma computadora; ellos son

capaces de generar problemas, construir sus soluciones y diagnosticar las respuestas del alumno, controlando, a su vez, el nivel de dificultad de los problemas.

En los sistemas generativos, el sistema determina el grado de dificultad del problema que se presente; para ello tiene en cuenta cuál es el concepto que se debe tratar y con qué nivel de detalle lo quiere verificar, en dependencia de la profundidad de explicación, a continuación genera el problema correspondiente y lo presenta al alumno. Cuando se recibe la respuesta del alumno, el sistema la compara con su solución; las diferencias entre ambas se considerarán errores.

Los sistemas generativos no servían para todo tipo de enseñanza, ya que las dificultades para generar problemas aumentan en ciertas áreas de trabajo. Otro problema de interés es el número de soluciones que puede crear el sistema de enseñanza y las posibles soluciones reales de los problemas. Los sistemas generativos crean una única solución para un problema concreto y pueden existir múltiples soluciones correctas.

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

- Pretenden abarcar cursos completos en lugar de limitarse a temas concretos.
- Existen barreras de comunicación entre el tutor y el alumno que restringen la interacción entre ellos.

- No tienen conocimientos de cómo y porqué se ejecutan las tareas. De igual modo, la reacción del programa viene determinada por la respuesta del alumno y una serie de situaciones previstas a posibles respuestas, independientemente de las características del alumno.
- Su construcción ha estado muy dirigida a sistemas específicos, lo que impide transportarlos a otros dominios.
- Tienden a ser estáticos en lugar de evolucionar y ser dinámicos.
- Una vez contruidos, el conocimiento que incluye no se ve modificado con el tiempo.

En resumen, son programas costosos y repetitivos, en los cuales aún no hay independencia entre qué y cómo se enseña. Por causa de estos problemas y su intento de solución por algunos investigadores de esta área, se llegó a los sistemas llamados ITS (sistemas tutores inteligentes), los ITS combinan técnicas de inteligencia artificial (IA), modelos psicológicos del estudiante y del experto y teorías de la educación.³⁴

1.3. SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

En un principio a los ITS se les llamó ICAI (enseñanza inteligente asistida por ordenador), nombre que aún se utiliza. Sin embargo, algunos investigadores no les gustaba que estos sistemas se diferenciasen de los CAI, sólo por una letra y surgió el nombre de ITS; otros no desean usar el término inteligente y optan por nombres como sistemas tutores basados en el conocimiento (KBTS), sistemas tutores adaptables (ATS) (Stretz, 1988) y sistemas de comunicación del conocimiento (Wenger, 1987). Pero la mayor parte de los expertos en esta área están de acuerdo con la denominación de ITS, aunque

acepten que el uso de la palabra inteligente es, estrictamente hablando, una equivocación.²⁵

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

La *interfaz* es la forma final del ITS, lo que ve el usuario. Cualidades como el uso fácil y la atracción podrían ser cruciales para la aceptación del ITS por parte de un estudiante,²⁵ aunque algunos autores no lo incluyen dentro de los componentes básicos de un ITS.³⁴

El *módulo sobre el dominio* es la base de conocimiento del tutor, donde está presentado y almacenado el conocimiento que va a ser enseñado al alumno. Es muy importante que el conocimiento almacenado aquí sea correcto, ya que si no fuera así se estaría dando al alumno una mala enseñanza. Es por ello que en la producción y codificación de este conocimiento, además del experto en técnicas de IA, debe colaborar estrechamente un experto del dominio.²⁵

En la base de conocimiento se incluyen habitualmente conocimientos declarativos y/o procedural sobre la materia que se enseña. El conocimiento declarativo consiste en una colección de conceptos o temas relacionados entre sí, por ejemplo, éste sería el caso de materias como Histología. Por

otro lado, el conocimiento procedural es aquel que enseña como realizar ciertas cosas, por ejemplo, como resolver problemas de diagnóstico médico.

Las representaciones pueden ser totalmente opacas (cajas negras) o totalmente transparentes (cajas de cristal). En las representaciones opacas sólo los resultados finales están disponibles para el usuario. En las opciones transparentes, cada paso de razonamiento que hace el tutor para generar el siguiente tema o problema que se debe presentar al alumno puede ser inspeccionado o interpretado.

Un *modelo de estudiante* es toda información que contenga un programa de enseñanza que sea específica para el alumno que esté siendo enseñado. La información puede variar desde el simple cálculo de las respuestas incorrectas que se hayan producido, hasta la complicada estructura de datos que pretende representar una parte importante de los conocimientos del alumno sobre el tema.²⁸

La adaptación de un sistema tutor está determinada por la precisión de la información contenida en el módulo del estudiante, que debe representar de forma adecuada las características propias de cada estudiante (capacidad y conducta). Además, hay que tener en cuenta que el proceso de aprendizaje del estudiante se realiza paso a paso, por tanto se precisará de una creación incremental y actualización continua del modelo del estudiante.²⁸

Para diseñar el modelo del estudiante debemos pensar en términos de *qué características e información debe contener*. Habrá que observar el comportamiento del estudiante e interpretar sus acciones según se van

produciendo; todo ello permitirá al sistema actualizar su conocimiento sobre el alumno (conocimientos adquiridos, capacidad de aprendizaje, etcétera).

Las acciones que realiza el tutor se pueden clasificar en 6 tipos: corrección, elaboración, estrategia, diagnóstico, predicción y evaluación.

La estructura del modelo depende en gran medida del dominio que queramos abordar; igualmente hay que tener en cuenta el propósito de los problemas que se deben resolver y su método de resolución.

Los ITS resultan en la actualidad los instrumentos más potentes de la EAC.

2. EDUCACIÓN VIRTUAL

Las necesidades de formación permanente y la falta de tiempo en la sociedad actual, son dos de los principales factores que contribuyen a que la formación a distancia adquiera cada vez más importancia. Los sistemas tradicionales de información basados en correo, radio o televisión han ido dando paso al desarrollo de paquetes instructivos con soporte en CDROM y posteriormente a Internet.

Las características particulares de la tecnología actual hacen del computador una herramienta excelente para la educación a distancia, ya que facilita acceso remoto a la información sin las limitaciones espacio-temporales inherentes a otros sistemas de estas características, favoreciendo el incremento de la interactividad (hipertexto, imágenes, animaciones, etc.) y la actualización “dinámica” de los contenidos, ya que cualquier nueva información puede ser “absorbida” por la aplicación, para obtener un nuevo y mejorado paquete informativo.

Estos nuevos sistemas rompen con la concepción tradicional de tiempo y espacio de la enseñanza presencial y posibilitan la creación de aulas virtuales (espacios donde tiene lugar el proceso de enseñanza entre alumnos y profesores).

2.1. MODELOS DE ENSEÑANZA VIRTUAL³⁴

Las variedades metodológicas aplicadas a éste tipo de enseñanza no siempre se ajustan a un modelo pedagógico concreto.

En los sistemas de aprendizaje actuales se pueden encontrar métodos didácticos (Tutoriales, simulaciones y micro mundos, tutores inteligentes, etc.) que se ajustan a diferentes visiones pedagógicas (transmisión-recepción, aprendizaje por descubrimiento, conductismo, constructivismo, etc.)

2.1.1. Modelo Constructivista

De gran auge en los últimos años se basa fundamentalmente en el cambio de los modelos conceptuales adquiridos por el alumno durante su vida. Éste método pedagógico necesita recoger información previa sobre el alumno (bien sea, directamente o a través de la experiencia docente del profesor), y ésta información siempre está disponible cuando la materia a impartir es novedosa y no hay conocimiento sobre los esquemas conceptuales previos del alumno.

2.1.2. Modelo de Transmisión-Recepción

Éste modelo resulta muy útil para dar una visión general de lo que se quiere explicar. Este tipo de presentación lineal de los contenidos es frecuente en los tutoriales que acompañan a las herramientas de *software* y que dan una visión general de sus características principales.

2.1.3. Modelo de Aprendizaje por Descubrimiento

El modelo de aprendizaje por descubrimiento es el que utiliza las herramientas de simulación (simuladores, tutoriales médicos, etc.) y pretenden que el alumno aprenda de su propia experiencia.

2.1.4. Modelo Conductista

Basado en la modificación de la conducta por mecanismos estímulo-respuesta saca gran partido de las nuevas tecnologías en particular de los mecanismos hipertexto y DHTML (*Dynamic HTML*) que permiten capturar el comportamiento del usuario “al vuelo” y presentar una información distinta sin necesidad de acceder de nuevo al servidor.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS PROGRAMAS DIDACTICOS

Los programas educativos a pesar de tener unos rasgos esenciales básicos y una estructura general común se presentan con unas características muy diversas: unos aparentan ser un laboratorio o una biblioteca, otros se limitan a ofrecer una función instrumental del tipo máquina de escribir o calculadora, otros se presentan como un juego o como un libro, bastantes tienen vocación de examen, unos pocos se creen expertos... y, por si no fuera bastante, la mayoría participan en mayor o menor medida de algunas de estas peculiaridades. Para poner orden a esta disparidad, se han elaborado múltiples tipologías que clasifican los programas didácticos a partir de diferentes criterios.

Uno de estos criterios se basa en la consideración del tratamiento de los errores que cometen los estudiantes, distinguiendo: ¹⁸

3.1. PROGRAMAS TUTORIALES DIRECTIVOS

Que hacen preguntas a los estudiantes y controlan en todo momento su actividad. El ordenador adopta el papel de juez poseedor de la verdad y examina al alumno. Se producen errores cuando la respuesta del alumno está en desacuerdo con la que el ordenador tiene como correcta. En los programas más tradicionales el error lleva implícita la noción de fracaso.

3.2. PROGRAMAS NO DIRECTIVOS

En los que el ordenador adopta el papel de un laboratorio o instrumento a disposición de la iniciativa de un alumno que pregunta y tiene una libertad de acción sólo limitada por las normas del programa. El ordenador no juzga las acciones del alumno, se limita a procesar los datos que éste introduce y a mostrar las consecuencias de sus acciones sobre un entorno. Objetivamente no se producen errores, sólo desacuerdos entre los efectos esperados por el alumno y los efectos reales de sus acciones sobre el entorno. No está implícita la noción de fracaso. El error es sencillamente una hipótesis de trabajo que no se ha verificado y que se debe sustituir por otra. En general, siguen un modelo pedagógico de inspiración cognitivista, potencian el aprendizaje a través de la exploración, favorecen la reflexión y el pensamiento crítico y propician la utilización del método científico.

Otra clasificación interesante de los programas atiende a la posibilidad de **modificar los contenidos** del programa y distingue entre **programas cerrados** (que no pueden modificarse) y **programas abiertos**, que proporcionan un esqueleto, una estructura, sobre la cual los alumnos y los profesores pueden añadir el contenido que les interese. De esta manera se facilita su adecuación a los diversos contextos educativos y permite un mejor tratamiento de la diversidad de los estudiantes.

No obstante, de todas las clasificaciones la que posiblemente proporciona categorías más claras y útiles a los profesores es la que tiene en cuenta **el grado de control del programa sobre la actividad de los alumnos y la estructura de su algoritmo**, que es la que se presenta a continuación.

3.3. PROGRAMAS TUTORIALES

Son **programas que en mayor o menor medida dirigen, “tutorizan”, el trabajo de los alumnos**. Pretenden que, a partir de unas informaciones y mediante la realización de ciertas actividades previstas de antemano, los estudiantes pongan en juego determinadas capacidades y aprendan o refuercen unos conocimientos y/o habilidades. Cuando se limitan a proponer ejercicios de refuerzo sin proporcionar explicaciones conceptuales previas se denominan programas **tutoriales de ejercitación**, como es el caso de los programas de preguntas (*drill&practice, test*) y de los programas de adiestramiento psicomotor, que desarrollan la coordinación neuromotriz en actividades relacionadas con el dibujo, la escritura y otras habilidades psicomotrices.

Los materiales programados (instrucción programada) son aquellos que presentan el contenido de enseñanza organizado en unidades de información de modo tal que se pueda comprobar de una u otra forma (retroalimentación) inmediatamente hasta qué punto se comprendió lo que se está aprendiendo, todo lo cual exige la participación activa del alumno (interacción) que no sólo lee, sino que además escribe y responde, es decir hace, sobre la base de la activación de los procesos del pensamiento.

Los antecedentes de la enseñanza programada son muy remotos, no obstante se relaciona con el paradigma psicológico del conductismo y su esquema Estímulo-Respuesta. Los contenidos de enseñanza se "desglosan" en pequeños pasos o unidades (cuadros) en que la complejidad aumenta, de una manera rigurosamente lógica, y en la que la redacción es coloquial de forma tal que se establezca una efectiva comunicación que garantiza: participación activa, retroalimentación inmediata, respuesta sin errores,

interés y concentración de la atención en lo que se hace y avance a su propio ritmo.

En cualquier caso, ya que éstos programas se basan en los, ya denominados, **planteamientos conductistas** de la enseñanza que comparan las respuestas de los alumnos con los patrones que tienen como correctos, guían los aprendizajes de los estudiantes y facilitan la realización de prácticas más o menos rutinarias y su evaluación; en algunos casos una evaluación negativa genera una nueva serie de ejercicios de repaso. A partir de la estructura de su algoritmo, se distinguen cuatro categorías:

3.3.1. Programas lineales

Que presentan al alumno una secuencia de información y/o ejercicios (siempre la misma o determinada aleatoriamente) con independencia de la corrección o incorrección de sus respuestas. Herederos de la enseñanza programada, transforman el ordenador en una máquina de enseñar transmisora de conocimientos y adiestradora de habilidades. No obstante, su interactividad resulta pobre y el programa se hace largo de recorrer. En éstos programas las unidades de información (UI) son muy breves, exigen siempre una respuesta y "el recorrido o itinerario instruccional" es el mismo para todos. La atención personalizada radica en que cada quién va a su ritmo, unos más rápido que otros pero no se tienen en consideración el nivel de entrada y el estilo cognitivo, entre otras cosas.

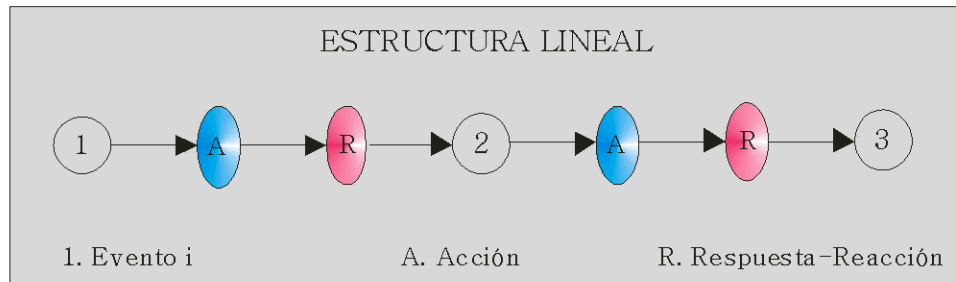


Diagrama No. 1: Estructura Lineal

3.3.2. Programas ramificados

Basados inicialmente también en modelos conductistas, siguen recorridos pedagógicos diferentes según el juicio que hace el ordenador sobre la corrección de las respuestas de los alumnos o según su decisión de **profundizar más en ciertos temas**. Ofrecen mayor interacción, más opciones, pero la organización de la materia suele estar menos compartimentada que en los programas lineales y exigen un esfuerzo más grande al alumno. Pertenecen a éste grupo los programas *multinivel*, que estructuran los contenidos en niveles de dificultad y previenen diversos caminos, y los programas ramificados con dientes de sierra, que establecen una diferenciación entre los conceptos y las preguntas de profundización, que son opcionales.

En éste grupo, las UI (unidades de información) son más largas, exigen mayor esfuerzo porque están rigurosa y lógicamente encadenados, planteando al final de cada una o de varias de ellas muy relacionadas entre sí, la decisión por una de las alternativas de respuesta que se le ofrecen como posibles o exige la solución de un problema, una toma de decisión etc.

Cualquier opción elegida llevará a una UI que retroalimenta, no necesariamente de manera positiva, dando las orientaciones pertinentes y oportunas. De esta manera la interactividad es mayor y además del ritmo se tiene en consideración en el itinerario instruccional el nivel de entrada y el estilo cognitivo del estudiante.

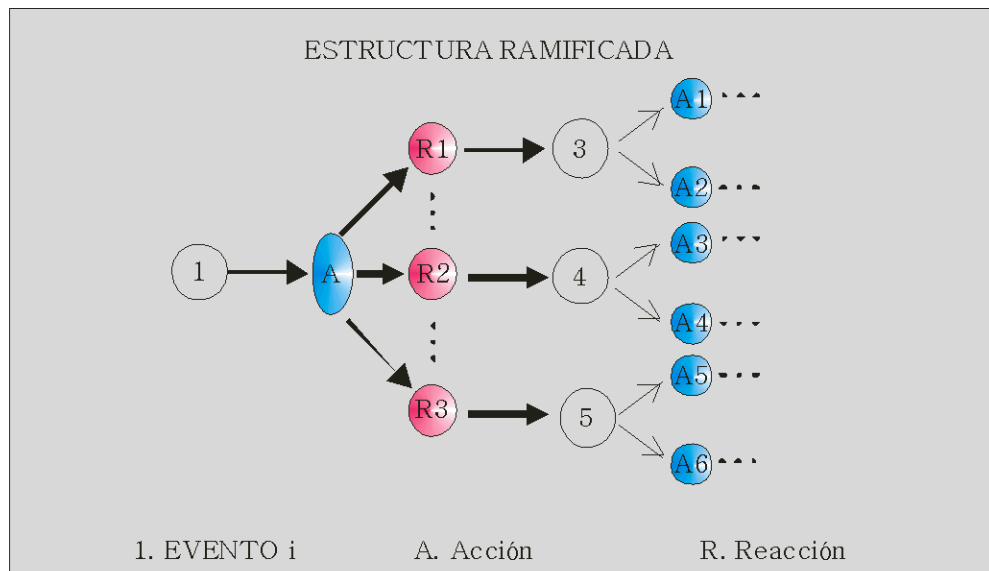


Diagrama No. 2: Estructura Ramificada

En el diagrama anterior se muestra como, dependiendo de la acción que se escoja, se puede producir una reacción diferente, dentro de eventos diferentes. Es una forma de mostrar como un estudiante, dependiendo de su interés particular sobre un tema específico, puede profundizar sobre ese tema si sigue una vía particular de acciones y reacciones.

3.3.3. Entornos tutoriales

En general están inspirados en **modelos pedagógicos cognitivistas**, y proporcionan a los alumnos una serie de herramientas de búsqueda y de proceso de la información que pueden utilizar libremente para construir la

respuesta a las preguntas del programa. Este es el caso de los **entornos de resolución de problemas**, "*problem solving*", donde los estudiantes conocen parcialmente las informaciones necesarias para su resolución y han de buscar la información que falta y aplicar reglas, leyes y operaciones para encontrar la solución. En algunos casos, el programa no sólo comprueba la corrección del resultado, sino que también tiene en cuenta la idoneidad del camino que se ha seguido en la resolución.

3.3.4. Sistemas tutoriales expertos

Como los Sistemas Tutores Inteligentes (*Intelligent Tutoring Systems*), que, elaborados con las técnicas de la Inteligencia Artificial y teniendo en cuenta las teorías cognitivas sobre el aprendizaje, tienden a reproducir un diálogo auténtico entre el programa y el estudiante, y pretenden comportarse como lo haría un tutor humano: guían a los alumnos paso a paso en su proceso de aprendizaje, analizan su estilo de aprender y sus errores y proporcionan en cada caso la explicación o ejercicio más conveniente.

3.4. BASES DE DATOS

Proporcionan unos datos organizados, en un entorno estático, según determinados criterios, y facilitan su exploración y **consulta** selectiva. Se pueden emplear en múltiples actividades como por ejemplo: seleccionar datos relevantes para resolver problemas, analizar y relacionar datos, extraer conclusiones, comprobar hipótesis... Las preguntas que acostumbran a realizar los alumnos son del tipo: **¿Qué características tiene este dato?** **¿Qué datos hay con la característica X?** **¿Qué datos hay con las características X e Y?**

Las bases de datos pueden tener una estructura **jerárquica** (si existen unos elementos subordinantes de los que dependen otros subordinados, como los

organigramas), **relacional** (si están organizadas mediante unas fichas o registros con una misma estructura y rango) o **documental** (si utiliza descriptores y su finalidad es almacenar grandes volúmenes de información documental: revistas, periódicos, etc.). En cualquier caso, según la forma de acceder a la información se pueden distinguir dos tipos:

3.4.1. Bases de datos convencionales.

Tienen la información almacenada en ficheros, mapas o gráficos, que el usuario puede recorrer según su criterio para recopilar información.

3.4.2. Bases de datos tipo sistema experto

Son bases de datos muy especializadas que recopilan toda la información existente de un tema concreto y además asesoran al usuario cuando accede buscando determinadas respuestas.

3.5. SIMULADORES

Presentan un modelo o entorno dinámico (generalmente a través de gráficos o animaciones interactivas) y facilitan su exploración y modificación a los alumnos, que pueden realizar aprendizajes inductivos o deductivos mediante la observación y la manipulación de la estructura subyacente; de esta manera pueden descubrir los elementos del modelo, sus interrelaciones, y pueden tomar decisiones y adquirir experiencia directa delante de unas situaciones que frecuentemente resultarían difícilmente accesibles a la realidad (control de una central nuclear, contracción del tiempo, pilotaje de un avión...). También se pueden considerar simulaciones ciertos videojuegos que, al margen de otras consideraciones sobre los valores que incorporan (generalmente no muy positivos) facilitan el desarrollo de los reflejos, la percepción visual y la coordinación psicomotriz en general, además de

estimular la capacidad de interpretación y de reacción ante un medio concreto.

En cualquier caso, posibilitan un **aprendizaje significativo por descubrimiento** y la investigación de los estudiantes/experimentadores puede realizarse en tiempo real o en tiempo acelerado, según el simulador, mediante preguntas del tipo: **¿Qué pasa al modelo si modifico el valor de la variable X? ¿Y si modifico el parámetro Y? Se pueden diferenciar dos tipos de simulador:**

3.5.1. Modelos físico-matemáticos

Presentan de manera numérica o gráfica una realidad que tiene unas leyes representadas por un sistema de ecuaciones deterministas. Se incluyen aquí los programas-laboratorio, algunos trazadores de funciones y los programas que mediante un convertidor analógico-digital captan datos analógicos de un fenómeno externo al ordenador y presentan en pantalla un modelo del fenómeno estudiado o informaciones y gráficos que van asociados. Estos programas a veces son utilizados por profesores delante de la clase a manera de pizarra electrónica, como demostración o para ilustrar un concepto, facilitando así la transmisión de información a los alumnos, que después podrán repasar el tema interactuando con el programa.

3.5.2. Entornos sociales

Presentan una realidad regida por unas leyes no del todo deterministas. Se incluyen aquí los juegos de estrategia y de aventura, que exigen una estrategia cambiante a lo largo del tiempo.

3.6. CONSTRUCTORES

Son programas que tienen un entorno programable. Facilitan a los usuarios unos elementos simples con los cuales pueden construir elementos más complejos o entornos. De esta manera potencian el aprendizaje heurístico y, de acuerdo con las **teorías cognitivistas**, facilitan a los alumnos la construcción de sus propios aprendizajes, que surgirán a través de la reflexión que realizarán al diseñar programas y comprobar inmediatamente, cuando los ejecuten, la relevancia de sus ideas. El proceso de creación que realiza el alumno genera preguntas del tipo: **¿Qué sucede si añado o elimino el elemento X?** Se pueden distinguir dos tipos de constructores:

3.6.1. Constructores específicos

Ponen a disposición de los estudiantes una serie de mecanismos de actuación (generalmente en forma de órdenes específicas) que les permiten llevar a cabo operaciones de un cierto grado de complejidad mediante la construcción de determinados entornos, modelos o estructuras, y de esta manera avanzan en el conocimiento de una disciplina o entorno específico

3.6.2. Lenguajes de programación

Como LOGO, PASCAL, Basic, que ofrecen unos "laboratorios simbólicos" en los que se pueden construir un número ilimitado de entornos. Aquí los alumnos se convierten en profesores del ordenador. Además, con los interfaces convenientes, pueden controlar pequeños robots contruidos con componentes convencionales (arquitecturas, motores...), de manera que sus posibilidades educativas se ven ampliadas incluso en campos pre-tecnológicos. Así los alumnos pasan de un manejo abstracto de los conocimientos con el ordenador a una manipulación concreta y práctica en

un entorno informatizado que facilita la representación y comprensión del espacio y la previsión de los movimientos.

3.7. PROGRAMAS HERRAMIENTA

Son programas que proporcionan un entorno instrumental con el cual se facilita la **realización de ciertos trabajos generales** de tratamiento de la información: escribir, organizar, calcular, dibujar, transmitir, captar datos.... A parte de los lenguajes de autor (que también se podrían incluir en el grupo de los programas constructores), los más utilizados son programas de uso general que provienen del mundo laboral y, por tanto, quedan fuera de la definición que se ha dado de software educativo. No obstante, se han elaborado algunas versiones de estos programas "para niños" que limitan sus posibilidades a cambio de una, no siempre clara, mayor facilidad de uso. De hecho, muchas de estas versiones resultan innecesarias, ya que el uso de estos programas cada vez resulta más sencillo y cuando los estudiantes necesitan utilizarlos o su uso les resulta funcional aprenden a manejarlos sin dificultad. Los programas más utilizados de este grupo son:

3.7.1. Procesadores de textos

Son programas que, con la ayuda de una impresora, convierten el ordenador en una fabulosa máquina de escribir. En el ámbito educativo debe hacerse una introducción gradual que puede empezar a lo largo de la Enseñanza Primaria, y ha de permitir a los alumnos familiarizarse con el teclado y con el ordenador en general, y sustituir parcialmente la libreta de redacciones por un disco (donde almacenarán sus trabajos). Al escribir con los procesadores de textos los estudiantes pueden concentrarse en el contenido de las redacciones y demás trabajos que tengan encomendados despreocupándose por la caligrafía. Además el corrector ortográfico que

suelen incorporar les ayudará a revisar posibles faltas de ortografía antes de entregar el trabajo.

3.7.2. Gestores de Bases de Datos

Sirven para generar potentes sistemas de archivo ya que permiten almacenar información de manera organizada y posteriormente recuperarla y modificarla. Entre las muchas actividades con valor educativo que se pueden realizar están las siguientes:

- Revisar una base de datos ya construida para buscar determinadas informaciones y recuperarlas.
- Recoger información, estructurarla y construir una nueva base de datos.

3.7.3. Hojas de cálculo

Son programas que convierten el ordenador en una versátil y rápida calculadora programable, facilitando la realización de actividades que requieran efectuar muchos cálculos matemáticos.

3.7.4. Editores gráficos

Se emplean desde un punto de vista instrumental para realizar dibujos, portadas para los trabajos, murales, anuncios, etc. Además constituyen un recurso idóneo para desarrollar parte del currículum de Educación Artística: dibujo, composición artística, uso del color, etc.

3.7.5. Programas de comunicaciones

Son programas que permiten que ordenadores lejanos (si disponen de módem) se comuniquen entre sí a través de las líneas telefónicas y puedan enviarse mensajes y gráficos, programas... Desde una perspectiva educativa

estos sistemas abren un gran abanico de actividades posibles para los alumnos, por ejemplo:

- Comunicarse con otros compañeros e intercambiarse informaciones.
- Acceder a bases de datos lejanas para buscar determinadas informaciones.

3.7.6. Programas de experimentación asistida.

A través de variados instrumentos y convertidores analógico-digitales, recogen datos sobre el comportamiento de las variables que inciden en determinados fenómenos. Posteriormente con estas informaciones se podrán construir tablas y elaborar representaciones gráficas que representen relaciones significativas entre las variables estudiadas.

3.7.7. Lenguajes y sistemas de autor

Son programas que facilitan la elaboración de programas tutoriales a los profesores que no disponen de grandes conocimientos informáticos. Utilizan unas pocas instrucciones básicas que se pueden aprender en pocas sesiones. Algunos incluso permiten controlar vídeos y dan facilidades para crear gráficos y efectos musicales, de manera que pueden generar aplicaciones multimedia. Algunos de los más utilizados en entornos PC han sido: *PILOT*, *PRIVATE TUTOR*, *TOP CLASS*, *LINK WAY*, *QUESTION MARK...*

4. ESTRUCTURA BÁSICA DE LOS PROGRAMAS EDUCATIVOS

La mayoría de los programas didácticos, igual que muchos de los programas informáticos nacidos sin finalidad educativa, tienen tres módulos principales claramente definidos: ³⁸ el módulo que gestiona la comunicación con el usuario (sistema *input/output*), el módulo que contiene debidamente organizados los contenidos informativos del programa (bases de datos) y el módulo que gestiona las actuaciones del ordenador y sus respuestas a las acciones de los usuarios (motor).

4.1. EL ENTORNO DE COMUNICACIÓN O INTERFAZ

La interfaz es el entorno a través del cual los programas establecen el diálogo con sus usuarios, y es la que posibilita la interactividad característica de estos materiales. Está integrada por dos sistemas:

4.1.1. El sistema de comunicación programa-usuario

Que facilita la transmisión de informaciones al usuario por parte del ordenador, incluye:

- Las pantallas a través de las cuales los programas presentan información a los usuarios.
- Los informes y las fichas que proporcionen mediante las impresoras.

- El empleo de otros periféricos: altavoces, sintetizadores de voz, robots, módems, convertidores digitales-analógicos...

4.1.2. El sistema de comunicación usuario-programa

Que facilita la transmisión de información del usuario hacia el ordenador, incluye:

- El uso del teclado y el ratón, mediante los cuales los usuarios introducen al ordenador un conjunto de órdenes o respuestas que los programas reconocen.
- El empleo de otros periféricos: micrófonos, lectores de fichas, teclados conceptuales, pantallas táctiles, lápices ópticos, *modems*, lectores de tarjetas, convertidores analógico-digitales...

Con la ayuda de las técnicas de la Inteligencia Artificial y del desarrollo de las tecnologías multimedia, se investiga la elaboración de entornos de comunicación cada vez más intuitivos y capaces de proporcionar un diálogo abierto y próximo al lenguaje natural.

4.2. LAS BASES DE DATOS

Las bases de datos contienen la información específica que cada programa presentará a los alumnos. Pueden estar constituidas por:

4.2.1. Modelos de comportamiento

Representan la dinámica de unos sistemas. Distinguimos:

- Modelos físico-matemáticos, que tienen unas leyes perfectamente determinadas por unas ecuaciones.

- Modelos no deterministas, regidos por unas leyes no totalmente deterministas, que son representadas por ecuaciones con variables aleatorias, por grafos y por tablas de comportamiento.

4.2.2. Datos de tipo texto

Información alfanumérica.

4.2.3. Datos gráficos.

Las bases de datos pueden estar constituidas por dibujos, fotografías, secuencias de vídeo, etc.

4.2.4. Sonido.

Como los programas que permiten componer música, escuchar determinadas composiciones musicales y visionar sus partituras.

4.3. 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 alumnos. Distinguimos 4 tipos de algoritmo:

4.3.1. Lineal, cuando la secuencia de las actividades es única.

4.3.2. Ramificado, cuando están predeterminadas posibles secuencias según las respuestas de los alumnos.

4.3.3. Tipo entorno, cuando no hay secuencias predeterminadas para el acceso del usuario a la información principal y a las diferentes

actividades. El estudiante elige **qué** va a hacer y **cuándo** lo va a hacer. Este entorno puede ser:

- **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.
- **Dinámico**, si el usuario, además de consultar la información, también puede modificar el estado de los elementos que configuran el entorno.
- **Programable**, si a partir de una serie de elementos el usuario puede construir diversos entornos.
- **Instrumental**, si ofrece a los usuarios diversos instrumentos para realizar determinados trabajos.

4.3.4. Tipo sistema experto, cuando el programa tiene un motor de inferencias y, mediante un diálogo bastante inteligente y libre con el alumno (sistemas dialogales), asesora al estudiante o “tutoriza” inteligentemente el aprendizaje. Su desarrollo está muy ligado con los avances en el campo de la Inteligencia Artificial.

5. FUNCIONES DEL SOFTWARE EDUCATIVO

Los programas didácticos, cuando se aplican a la realidad educativa, realizan las funciones básicas propias de los medios didácticos en general y además, en algunos casos, según la forma de uso que determina el profesor, pueden proporcionar funcionalidades específicas.

Por otra parte, como ocurre con otros productos de la actual tecnología educativa, no se puede afirmar que el software educativo por sí mismo sea bueno o malo, todo dependerá del uso que de él se haga, de la manera cómo se utilice en cada situación concreta. En última instancia su funcionalidad y las ventajas e inconvenientes que pueda comportar **su uso serán el resultado de las características del material, de su adecuación al contexto educativo al que se aplica y de la manera en que el profesor organice su utilización.**

5.1. FUNCIONES QUE PUEDEN REALIZAR LOS PROGRAMAS: ³⁹

5.1.1. Función informativa

La mayoría de los programas a través de sus actividades presentan unos contenidos que proporcionan una información estructuradora de la realidad a los estudiantes. Como todos los medios didácticos, estos materiales representan la realidad y la ordenan.

Los programas **tutoriales**, los **simuladores** y, especialmente, las **bases de datos**, son los programas que realizan más marcadamente una función informativa.

5.1.2. Función instructiva

Todos los programas educativos orientan y regulan el aprendizaje de los estudiantes ya que, explícita o implícitamente, promueven determinadas actuaciones de los mismos encaminadas a facilitar el logro de unos objetivos educativos específicos. Además condicionan el tipo de aprendizaje que se realiza pues, por ejemplo, pueden disponer un tratamiento global de la información (propio de los medios audiovisuales) o a un tratamiento secuencial (propio de los textos escritos).

Con todo, si bien el ordenador actúa en general como mediador en la construcción del conocimiento y el metaconocimiento de los estudiantes, son los programas **tutoriales** los que realizan de manera más explícita esta función instructiva, ya que dirigen las actividades de los estudiantes en función de sus respuestas y progresos.

5.1.3. Función motivadora

Generalmente los estudiantes se sienten atraídos e interesados por todo el software educativo, ya que los programas suelen incluir elementos para captar la atención de los alumnos, mantener su interés y, cuando sea necesario, focalizarlo hacia los aspectos más importantes de las actividades.

Por lo tanto la función motivadora es una de las más características de este tipo de materiales didácticos, y resulta extremadamente útil para los profesores.

5.1.4. Función evaluadora

La interactividad propia de estos materiales, que les permite responder inmediatamente a las respuestas y acciones de los estudiantes, les hace especialmente adecuados para evaluar el trabajo que se va realizando con ellos. Esta evaluación puede ser de dos tipos:

- Implícita, cuando el estudiante detecta sus errores, se evalúa, a partir de las respuestas que le da el ordenador.
- Explícita, cuando el programa presenta informes valorando la actuación del alumno. Este tipo de evaluación sólo la realizan los programas que disponen de módulos específicos de evaluación.

5.1.5. Función investigadora

Los programas no directivos, especialmente las **bases de datos**, **simuladores** y **programas constructores**, ofrecen a los estudiantes interesantes entornos donde investigar: buscar determinadas informaciones, cambiar los valores de las variables de un sistema, etc.

Además, tanto estos programas como los **programas herramienta**, pueden proporcionar a los profesores y estudiantes instrumentos de gran utilidad para el desarrollo de trabajos de investigación que se realicen básicamente al margen de los ordenadores.

5.1.6. Función expresiva.

Dado que los ordenadores son unas máquinas capaces de procesar los símbolos mediante los cuales las personas representamos nuestros

conocimientos y nos comunicamos, sus posibilidades como instrumento expresivo son muy amplias.

Desde el ámbito de la informática que estamos tratando, el software educativo, los estudiantes se expresan y se comunican con el ordenador y con otros compañeros a través de las actividades de los programas y, especialmente, cuando utilizan **lenguajes de programación, procesadores de textos, editores de gráficos**, etc.

Otro aspecto a considerar al respecto es que los ordenadores no suelen admitir la ambigüedad en sus "diálogos" con los estudiantes, de manera que los alumnos se ven obligados a cuidar más la precisión de sus mensajes.

5.1.7. Función metalingüística

Mediante el uso de los sistemas operativos (MS/DOS, WINDOWS) y los lenguajes de programación (Basic, C++,...) los estudiantes pueden aprender los lenguajes propios de la informática.

5.1.8. Función lúdica

Trabajar con los ordenadores realizando actividades educativas es una labor que a menudo tiene unas connotaciones lúdicas y festivas para los estudiantes.

Además, algunos programas refuerzan su atractivo mediante la inclusión de determinados elementos lúdicos, con lo que potencian aún más esta función.

5.1.9. Función innovadora

Aunque no siempre sus planteamientos pedagógicos resulten innovadores, los programas educativos se pueden considerar materiales didácticos con

esta función ya que utilizan una tecnología recientemente incorporada a los centros educativos y, en general, suelen permitir muy diversas formas de uso. Esta versatilidad abre amplias posibilidades de experimentación didáctica e innovación educativa en el aula.

6. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

Para considerar que un *software* educativo está diseñando correctamente, se debe tener en cuenta si garantiza lo siguiente: facilitar la motivación, recordar el aprendizaje anterior, proporcionar nuevos estímulos, activar la respuesta de los alumnos, proporcionar información, estimular la práctica, establecer una secuencia de aprendizaje, propiciar recursos, generar efectos visuales y auditivos, ser cómodamente interactivos, poder procesar símbolos, ser de fácil uso, individualización del trabajo de los estudiantes, ya que se adaptan al ritmo de cada uno y pueden adaptar sus actividades según sus actuaciones, y ser modificables.

El desarrollo del material educativo computacional (MEC) enfocado en las Operaciones de Transferencia de Masa se fundamentó o se basó en las diferentes etapas planteadas durante el diseño de una metodología clara y precisa, que sea la mas cercana posible a los diferentes objetivos trazados para la consecución del software. A continuación se presentan las fases, antes mencionadas, al igual que un diagrama en donde se muestran las tareas propias de cada una y la relación existente entre ellas:

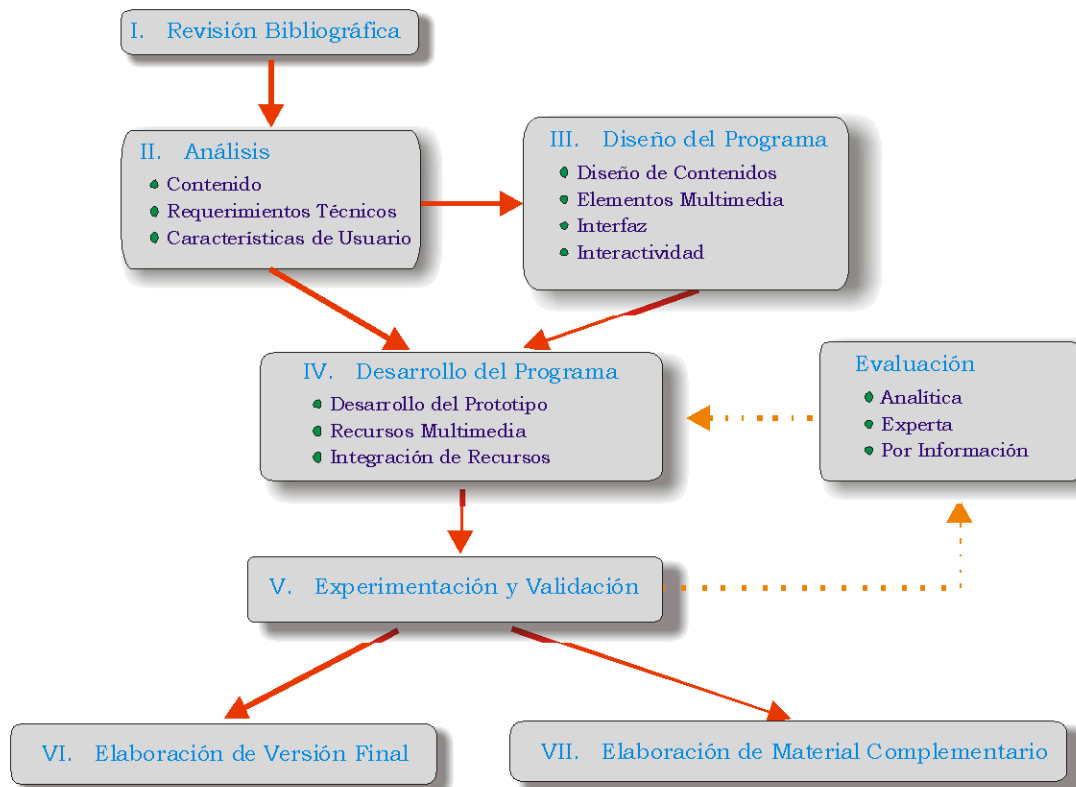


Diagrama No. 3: Fases del Desarrollo del MEC

A continuación se procederá a desarrollar y a explicar una a una las fases presentes en el diagrama anterior:

6.1. FASE I: REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Aquí se realizó una exhaustiva búsqueda de material didáctico que sirviera de base para el diseño de la aplicación, como por ejemplo, la búsqueda exhaustiva de otros materiales computacionales de aprendizaje realizados en la Universidad y en otras localidades, no solo los referidos al área de la Ingeniería, sino en otras áreas, en los cuales se han realizado éste tipo de aplicaciones; además se hizo imprescindible investigar sobre diferentes conceptos, los cuales serían integrados y aplicados mas adelante en el

software, como por ejemplo, los conceptos de HTML, XML, Hipermedia, Multimedia, entre otros, que aunque son de fácil asimilación, debido a su extenso uso en medios masivos de información, como el Internet, es necesario profundizar un poco mas sobre ellos. A continuación se presenta un resumen de éstos conceptos:

6.1.1. HTML (HyperText Markup Language)³

HTML es el lenguaje con el que se escriben las páginas Web. Las páginas Web pueden ser vistas por el usuario mediante un tipo de aplicación llamada navegador. Podemos decir por lo tanto que el HTML es el lenguaje usado por los navegadores para mostrar las páginas Web al usuario, siendo hoy en día la interfaz más extendida en la red.

Este lenguaje nos permite agrupar textos, sonidos e imágenes y combinarlos a nuestro gusto. Además, y es aquí donde reside su ventaja con respecto a libros o revistas, el HTML nos permite la introducción de referencias a otras páginas por medio de los enlaces hipertexto.

El HTML se creó en un principio con objetivos divulgativos. No se pensó que la Web llegara a ser un área de ocio con carácter multimedia, de modo que, el HTML se creó sin dar respuesta a todos los posibles usos que se le iba a dar y a todos los colectivos de gente que lo utilizarían en un futuro. Sin embargo, pese a esta deficiente planificación, si que se han ido incorporando modificaciones con el tiempo, estos son los estándares del HTML.

6.1.2. XML (Extensible Markup Language)⁴⁰

El lenguaje extensible de marcas, abreviado XML, describe una clase de objetos de datos llamados *documentos XML* y parcialmente describe el comportamiento de programas de computador que pueden procesarlos. XML

es un perfil de aplicación o forma restringida de SGML (Standard Generalized Markup Language). Por construcción, todo documento conforme con XML es conforme con SGML.

Los documentos XML están hechos de unidades de almacenamiento llamadas **entidades**, las cuales contienen datos procesados (parsed) o sin procesar. Los datos procesados están hechos de caracteres, algunos de los cuales forman datos de carácter, y otras marcas. Las marcas codifican la descripción del esquema de almacenamiento y estructura lógica del documento. XML provee un mecanismo para imponer restricciones al esquema de almacenamiento y estructura lógica.

Un módulo de software llamado un **Procesador de XML** es usado para leer documentos XML y proveer acceso a su contenido y estructura.

Se presupone que un procesador de XML está haciendo su trabajo en beneficio de otro módulo, llamado la **aplicación**. Esta especificación describe el comportamiento requerido de un procesador de XML en términos de cómo debe leer datos XML y la información que debe proveer a la aplicación.

6.1.3. Hipermedia³

Cuando el multimedia se conecta lógicamente formando un paquete interactivo, se le denomina hipermedia. En este caso, se almacenan los datos en nodos multimediales conectados por enlaces que a su vez son manipulados por un editor o un *browser*. Hipermedia es entonces la exploración de objetos mediante un encadenamiento no lineal, permitiendo al usuario navegar en la información (utilizando para ello el ratón, el teclado o tocando la pantalla -touch screen-), estableciendo búsquedas en el sentido del plano (en una misma pantalla a través de los objetos creados de video,

texto, audio, etc.) o en el sentido de profundidad de campo (una página conduce a otra; un concepto permite profundizar y llegar a nuevos conceptos, o de un stack a otro, etc.), aprovechando para ello la naturaleza asociativa propia de la mente humana.

Un hipermedio, por lo tanto, debe servir para presentar estructuras organizadas de la información, para representar conceptos y relaciones entre conceptos y para establecer sistemas de captura, recuperación y despliegue de información mediante objetos.

6.1.4. Multimedia³

El significado de multimedia ha sido utilizado con amplitud. Para algunos autores es un punto de confluencia (computador) de varias técnicas que permiten diferentes formas de representar conocimiento o información; para otros, es toda la metodología que permite una conexión lógica de los diferentes medios disponibles para obtener y almacenar toda una variedad de información, y por último, para otros, es el logro tecnológico de la electrónica reflejado en el alto poder de los computadores de hoy. Sin embargo, la idea fundamental es la integración lógica ya sea física o conceptual de todo tipo de representación y de transmisión del conocimiento humano.

Multimedia significa la combinación de texto, gráficos, diagramas, animaciones (en 2d y 3d), sonidos, e imágenes de video estáticas o animadas. El multimedia permite entonces un acceso a la información mediante el estímulo de los sentidos de la vista, el tacto y el oído.

Los conceptos que subyacen al multimedia están interrelacionados. Por ejemplo, las características de hardware y software disponibles para la

producción de multimedia influyen en la calidad, cantidad y coherencia de los distintos archivos (gráficos, de video, audio y de animación) que se piensan incorporar en el producto multimedia.

Pero más que una mezcla de medios, multimedia es una interacción de lenguajes. Su diseño, por lo tanto, requiere de una comprensión de la autonomía de los lenguajes y sus posibilidades de utilización integral.

6.2. FASE II: ANÁLISIS

En ésta fase se obtuvo información sobre determinadas características de los usuarios, metodología, hardware disponible, etc. que no formando parte íntegra del diseño de la aplicación, es necesario tener presente siempre para que la aplicación sea adecuada.

6.2.1. Análisis del Contenido

A partir de los análisis previos, se realizó una primera aproximación al contenido del programa, indicando el tema a tratar, la profundidad de los contenidos y una descripción global del temario.

Basándonos en el objetivo general del proyecto, en el cual se especifica que el material que se obtenga debe servir como apoyo al proceso de enseñanza de las Operaciones de Transferencia de Masa, se procedió a plantear los siguientes temas que son, sin duda, necesarios para éste propósito:

6.2.1.1. Fundamentos

Aquí se exponen conocimientos generales sobre conceptos que son necesarios para el entendimiento de las Operaciones de Transferencia de Masa, como son los relacionados con la parte Termodinámica y lo referente a la Transferencia de Masa como tal:

➤ **Transferencia de Masa**

- Difusión Molecular
- Ley de Fick
- Teoría de Película

➤ **Termodinámica**

- Equilibrio de Fases
- Relaciones de Equilibrio
- Coeficientes de Distribución
- Volatilidad Relativa
- Punto de Rocío y Burbuja
- Termodinámica de la Absorción

6.2.1.2. Operaciones de Transferencia de Masa

Dentro de éste modulo se presentan las Operaciones Unitarias relacionadas con la Transferencia de Masa, dentro de las cuales se hace énfasis en las Operaciones de Absorción y Destilación. Además se muestran los equipos necesarios para llevar a cabo estas operaciones:

➤ **General**

- Absorción
- Destilación

➤ **Equipos de Transferencia de Masa**

- Columnas de Plato
- Torres Empacadas

➤ **Absorción**

- Metas de la Operación
- Esquemas del proceso
- Suposiciones Generales
- Balances

- Etapas de Equilibrio
- Selección de Disolvente
- Absorción No Isotérmica

Entre otros temas.

➤ **Destilación**

- Destilación Binaria
- Líneas de Operación
- Esquemas del Proceso
- Equilibrios Líquido-Vapor
- Equipo Utilizado
- Destilación Multicomponente

Entre otros temas.

6.2.1.3. Diseño de Equipos

De lo anteriormente planteado, se procedió a crear un módulo especializado en el planteamiento del problema del diseño de los equipos requeridos en las Operaciones de Transferencia de Masa (Absorción, Destilación).

Dentro de éste módulo se especificaron las diferentes ecuaciones de diseño existentes para llevar a cabo las Operaciones citadas. Encontramos modelos de diseño, diagramas de flujo, métodos gráficos, métodos teóricos, etc.

Cabe anotar que dentro de éstos modelos de diseño, se hizo énfasis en las operaciones de Absorción isotérmica (Binaria) y Destilación Binaria, aunque para ésta última Operación hacemos referencia teórica a las Operaciones Multicomponentes, en la cual también se plantean las diferentes ecuaciones y correlaciones de diseño, con lo cual se puede realizar una aproximación

numérica de los resultados concernientes al número de platos necesario (para el caso que se utilice una torre de platos) para la consecución de la Operación de Destilación, a diferencia tanto de la Absorción como la Destilación donde se crearon aplicaciones para éste fin.

6.2.1.4. Aplicaciones Industriales

Dentro de éste apartado, se hizo imprescindible que el estudiante o el usuario, observara las diferentes aplicaciones que tienen estas Operaciones, de las cuales se hizo referencia anteriormente.

Debido al hecho que el estudiante de Ingeniería debe relacionar, en un grado mayor al actual, la teoría con la práctica, éste módulo debe servir para que el usuario identifique los diferentes usos que éstas operaciones poseen en el mundo industrial, y su vez pueda crear en el alumno la motivación necesaria para ampliar sobre éstos temas y plantear soluciones a otros.

6.2.2. Requerimientos Técnicos

Es necesario identificar los requerimientos, tanto de *software* como de *hardware*, que son necesarios para que la aplicación pueda ser utilizada.

Pensando en las diferencias entre los diferentes tipos de computadores que puedan presentarse, se optó por utilizar unos requerimientos mínimos del sistema para que no se presenten conflictos entre un sistema y otro:

-  Procesador Pentium II (o superior)
-  8 Mb de Memoria Ram (32 MB recomendado)
-  300 Mb de Disco Duro
-  Unidad de CD-ROM 4X (24X recomendado)
-  Unidad de Diskette de 3 ½"

 Mouse

 Monitor VGA Color con Tarjeta de video de 2MB (4MB recomendado).
Resolución 1024x768

 Windows 98 con Internet Explorer 4.0 (o superior)

Tarjeta de sonido recomendada para aprovechar las características de sonido del software.

6.2.3. Características de los usuarios

Es imperativo enfocar ésta aplicación hacia un grupo de usuarios o población estudiantil promedio, porque al fin y al cabo, es por ellos que ésta aplicación se realizó, y debido a ellos, se establece una serie de contenidos, que son lo mas generalizados posibles para tratar de igualar escolaridad.

Debido a esto se estableció como población objetivo, los estudiantes de Ingeniería Química que cursen o que hayan cursado el curso de Operaciones Unitarias, en donde se establecen unas bases necesarias, que sirven como punto de partida para adquirir nuevos conocimientos al respecto y crear así conciencia constructiva.

6.3. FASE III: DISEÑO DEL PROGRAMA

En ésta fase se establecen las ayudas pedagógicas e informáticas, con las respectivas propuestas que surgieron en ésta etapa.

6.3.1. Diseño de contenidos

Aquí se establecieron los objetivos específicos de la aplicación (conceptuales, procedimentales y actitudinales) y las unidades didácticas adecuadas para la consecución de éstos objetivos. Para cada una de estas

unidades se estableció: el contenido temático, las actividades, las fuentes documentales y los recursos multimedia que se utilizaron.

Por ejemplo, en el módulo de Diseño de Equipos, una vez que se estableció que iba a contener dicho módulo, se optó por adecuar un material gráfico que muestre paso a paso las diferentes etapas necesario para obtener un resultado confiable sobre el problema de diseño, además de un material bibliográfico necesario.

Además de lo planteado anteriormente, se puso de manifiesto la necesidad de implantar unas aplicaciones complementarias que sirven como respaldo a las diferentes ecuaciones de diseño planteadas. Es así como se presentan una serie de programas realizados en Visual Basic 6.0, en donde el alumno puede variar ciertos parámetros o variables de diseño y comprobar con el resultado obtenido sus apreciaciones al respecto.

6.3.2. Elementos Multimedia

Dentro del material audiovisual, se optó por presentar una serie de videos y animaciones, las cuales logran que los usuarios interactúen constantemente con el sistema, propiciando una mejor retención de información.

Dentro de los elementos multimedia seleccionados, se encuentran animaciones de los equipos en cuestión, en donde se muestran los diferentes componentes que lo conforman, así como métodos de Diseño de equipos en donde el procedimiento gráfico tiene lugar.

6.3.3. Interfaz

Aquí se atiende a la interfaz gráfica de comunicación, añadiendo los elementos del ordenador que el usuario utiliza para relacionarse con el programa (pantalla, ratón, teclado, etc.). Ésta distinción es de gran importancia ya que nos permite tener una visión más amplia sobre el modo de comunicación entre usuario y programa.

Siguiendo éstas consideraciones, la interfaz diseñada se adecua a esas necesidades; es por ello, que la interfaz está sectorizada en bloques que indican las áreas de uso: menús, controles de usuario, ventana principal o *browser*. Gracias a esto se crea una interfaz de fácil uso que pueda interactuar de una manera ágil con el usuario.

6.3.4. Interactividad

Estamos hablando de la interactividad del programa; para ello se confeccionó un mapa de navegación en el que se indicaron gráficamente los itinerarios que el usuario puede seguir en el programa cuando busca información, señalando los vínculos entre pantallas y los vínculos entre eventos.

Es así como se diseñaron dos menús, adaptado a la necesidad de mostrar la relación entre temas y como se puede acceder a ellos. Uno de ellos se considera un menú principal en donde se encuentra la información general contenida en la aplicación; el otro se diseñó como un menú más particular que posee información más directa sobre temas más específicos.

Además se presentó la necesidad de crear un motor de búsqueda, que ayude de forma mas directa al usuario, ya que sin necesidad de acceder a los menús descritos anteriormente, él puede buscar sobre un tema

determinado y la aplicación le mostrará en que parte de ella se encuentra la información requerida.

6.4. FASE IV: DESARROLLO DEL PROGRAMA

Esta fase consta de la realización de una versión preliminar de la aplicación, con la cual se procede a realizar algunas evaluaciones para su posterior mejora.

6.4.1. Desarrollo del Prototipo

En lo concerniente a la etapa de desarrollo del prototipo, es necesario indicar que, inicialmente se construyó la interfaz necesaria para la intercomunicación con el usuario; luego se adecuaron las páginas de contenido, diseñadas anteriormente, junto con los diferentes materiales didácticos, para crear un ambiente de relación adecuado con el usuario.

Las aplicaciones complementarias (aplicaciones de Absorción, Destilación), se realizaron a continuación, permitiendo al usuario tener control sobre algunas variables del proceso, para poder observar su relación con los valores finales de diseño.

A continuación se discriminan las diferentes etapas del desarrollo del prototipo, como son: la creación de la interfaz, las páginas Web, las aplicaciones complementarias, junto con algunas estructuras básicas, que son necesarias para una buena implementación de estas aplicaciones (bases de datos).

6.4.1.1. Interfaz

Para lograr una óptima relación usuario-computador se consideró en diseñar una interfaz sectorizada; esto es, que los menús estuvieran en un sector independiente de las demás herramientas, aunque manteniendo, por supuesto, relación íntima con el contenido que se muestra en el sector dedicado al material didáctico. Es así como las páginas desplegadas tienen un lugar específico para ellas.

Además se consideró el uso de colores y efectos, utilizando una imagen diferente a las que normalmente se observan bajo el ambiente de Windows, que de una manera u otra mantienen al usuario motivado por lo que se pueda presentar en la aplicación. Además, la información puede ser manejada con el uso del *mouse*, con el cual es posible acceder a ésta, mediante los hipervínculos que la aplicación presente; en adición al *mouse*, en el caso de la búsqueda de información y el uso de las aplicaciones complementarias, es posible utilizar el *mouse* para mejorar la interactividad de la aplicación global, ya que en el momento que la aplicación pida, de alguna forma la información, el usuario sea capaz de suministrarla.

Inicialmente, se desarrollo un ambiente que nos sirvió de base para la posterior adición de los otros componentes de la interfaz. Dicho ambiente se realizó con la ayuda de un *software* dedicado a éste tipo de diseños, como lo es COREL DRAW 11; a continuación se muestra éste ambiente:



Figura No.1: Ambiente generado en COREL DRAW 11

Una vez creado éste ambiente, es imperativo utilizar éste modelo como una forma propia de VISUAL BASIC; es así como el siguiente procedimiento es, realizar particiones individuales de éste gráfico. A continuación se muestran unas particiones del gráfico anterior para ilustrar éste procedimiento:

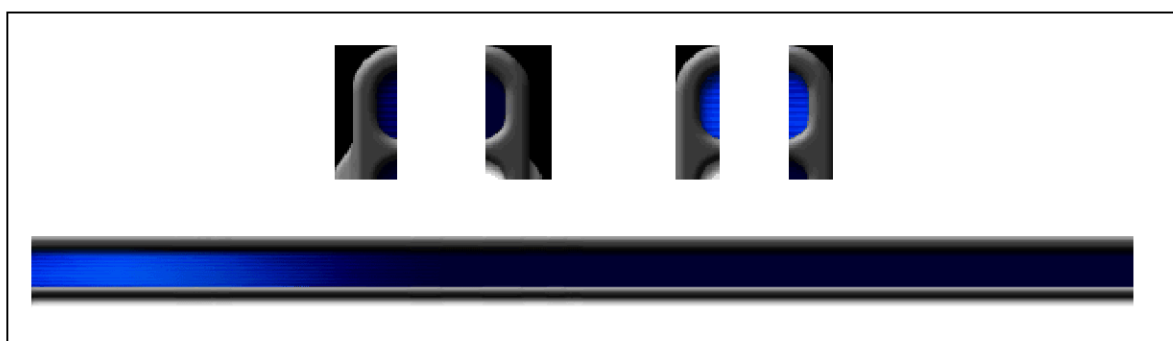


Figura No.2: Particiones Individuales de la Figura No. 1

Las particiones anteriores se graban como gráficos individuales, como .jpg o .bmp o .gif. Una vez fraccionado el módulo, anteriormente mostrado, utilizamos un *software* llamado ***SkinBuilder***, en donde se puede reagrupar el gráfico y en una de sus opciones (hablando del SkinBuilder) se puede especificar la naturaleza del módulo; es así como utilizando ésta opción se define al gráfico como una forma VISUAL BASIC y así éste software puede reconocer el gráfico señalado.

La ventana ocupa todo el espacio de usuario que brinda Windows para las aplicaciones, y es de color negro para realzar los efectos visuales tridimensionales que posee ACMtas en todo su entorno y para que no canse visualmente al usuario.

Una vez es reconocida el ambiente mostrado anteriormente, se procede a realiza los menús correspondientes: menú principal, menú particular.

En ambos casos, los menús se realizaron con la ayuda del *software* FLASH MX 2004. El menú vertical o menú principal engloba todo el temario propuesto en ACMtas, y se puede acceder al éste presionando con el *mouse* la opción que se desea consultar.

Las opciones de éste menú son:

- **Fundamentos**
 - Transferencia de Masa
 - Termodinámica
- **Operaciones de Transferencia de Masa**
 - General

- Equipos de Transferencia de Masa
- Absorción
- Destilación
- **Diseño de Equipos**
 - Absorción
 - Destilación
- **Aplicaciones Industriales**
 - Aplicación de Absorción
 - Aplicación de Destilación
 - Documentos varios
- **Q&A**
- **Contáctenos**

La gráfica correspondiente a éste menú es la siguiente:



Figura No. 3: Menú Principal

El acceso al menú horizontal o menú particular se obtiene al desplazar el *mouse* por esa zona y haciendo *clic* sobre la opción escogida. Las opciones de éste menú son las siguientes:

- **Absorción**
 - Columna de Platos
 - Columna Empacada
- **Destilación**
 - Binaria
 - Multicomponente
 - Método de McCabe-Thiele
 - Método de Ponchon-Savarit
- **Links**
 - Koch-Glitsch
 - Sulzer
 - Kuhni
- **Accesorios**
 - Calculadora
 - Tabla Periódica
 - Pesos Moleculares
- **Downloads (Descargas)**
- **Contáctenos**

Y la figura que representa éstas opciones es:



Figura No. 4: Menú Particular

Durante el diseño de la aplicación se hizo imperativo el uso de botones de navegación, necesarios para acceder a opciones particulares de las páginas mostradas con anterioridad, además de opciones de enlace a las aplicaciones complementarias, entre otras. A continuación se presenta un diagrama con éstas opciones:



Figura No. 5: Botones de Navegación



Botón para acceder a páginas anteriores (Atrás)



Botón para acceder a páginas posteriores (Adelante)



Acceso a página inicial (Home)



Imprimir la página actual



Acceso a las aplicaciones complementarias



Botón que muestra una ayuda sobre la aplicación ACMtas



Botón de salida

Para finalizar la interfaz de entrada se optó por realizar una página de Inicio o *Home*, en donde se especifican algunas opciones propias de la Aplicación y

que de alguna forma son generales a toda ella, como lo es la opción de búsqueda, que puede ser realizada con solo colocar la palabra que se desea buscar y luego se desplegará una página de resultados en donde se muestran las páginas encontradas con esa palabra en particular.

6.4.1.2. Páginas Web

Gracias a la capacidad que posee VISUAL BASIC, de permitir la incorporación del *browser* de Internet a manera de objeto dentro de una aplicación, con la particularidad de interactuar con él, así como permitir el manejo de todas sus propiedades y métodos, el diseño de ACMtas está basado en la utilización de páginas HTML, realizadas una parte en FRONT PAGE y por otra parte utilizando el lenguaje propio de éstas páginas, para realizar algunos ajustes necesarios.

Luego, se pueden incorporar páginas Web a la aplicación, las cuales pueden ser manejadas con el control específico para éste caso, denominado: *Microsoft Internet Controls*. Y para trabajar en la aplicación con éstas páginas se pueden incorporar instrucciones como ésta:

```
WebCon.Navigate "Home.htm"
```

La cual cargará una página Web con nombre *Home.htm* en el *browser* denominado WebCon, como se muestra a continuación:



Figura No.6: Browser Internet dentro de una aplicación

Mediante estas definiciones se pueden trabajar las páginas HTML usando el código normal de programación de Visual Basic. En ACMtas se utilizaron características específicas del Internet Explorer 6.0.

6.4.1.3. Aplicaciones Complementarias

Para mejorar tanto la interactividad de la aplicación como la motivación del alumno, se procedió a diseñar y desarrollar aplicaciones referentes al diseño de los equipos correspondientes al fenómeno de la Transferencia de Masa, como lo son las Torres de Absorción de Platos y Empacadas, columnas de destilación (Platos). Para éste propósito se utilizó el lenguaje VISUAL BASIC 6.0, ayudado con estructura de datos, necesaria para presentar una colección de datos que éstas aplicaciones necesitaban para su desarrollo. A continuación se presentan el diseño y desarrollo de éstas aplicaciones, junto al uso de las estructuras de datos mencionadas.

6.4.1.3.1. Difusividad de Gases

Para la difusividad de gases se utilizó como base la ecuación de Chapman-Enskog³⁶:

$$D_{AB} = \frac{1.86 \times 10^{-3} T^{3/2} \cdot \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)^{1/2}}{P \cdot \sigma_{AB}^2 \cdot \Omega_D} \quad (1)$$

Donde:

D_{AB} = Difusividad [cm²/s]

σ_{AB} = Factor de colisión = $\frac{(\sigma_A + \sigma_B)}{2}$ [$\overset{\circ}{A}$]

σ = Radio Atómico [$\overset{\circ}{A}$]

ε = Energía de Interacción molecular [Ergios]

Ω_D = Integral de Colisión basado en potencial de Lennard

Utilizando la ecuación anterior y teniendo un conjunto de sustancias con sus respectivas propiedades, procedemos a realizar la aplicación en VISUAL BASIC, la cual posee la siguiente figura de captura de datos:

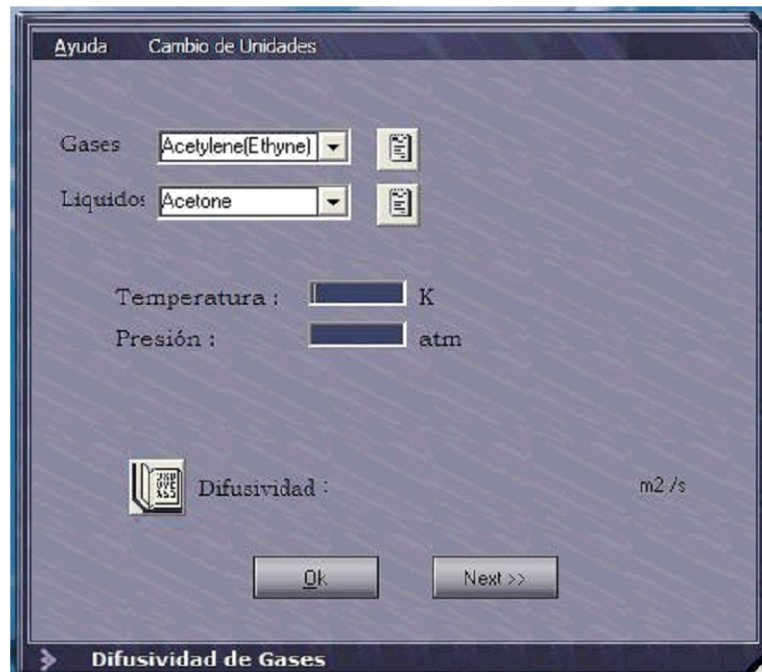


Figura No. 7: Módulo Difusividad

En la anterior gráfica se muestra, además, las opciones que contiene éste módulo, como son, la escogencia de sustancias pertenecientes a una lista. Además es necesario ingresar los datos pertenecientes a las condiciones del sistema, como son la Temperatura y la Presión.

Si lo que se quiere es calcular la Difusión en estado estacionario de A a través de B que no se difunde, se puede proceder directamente al formulario, presionando en el botón NEXT, la cual muestra lo siguiente:

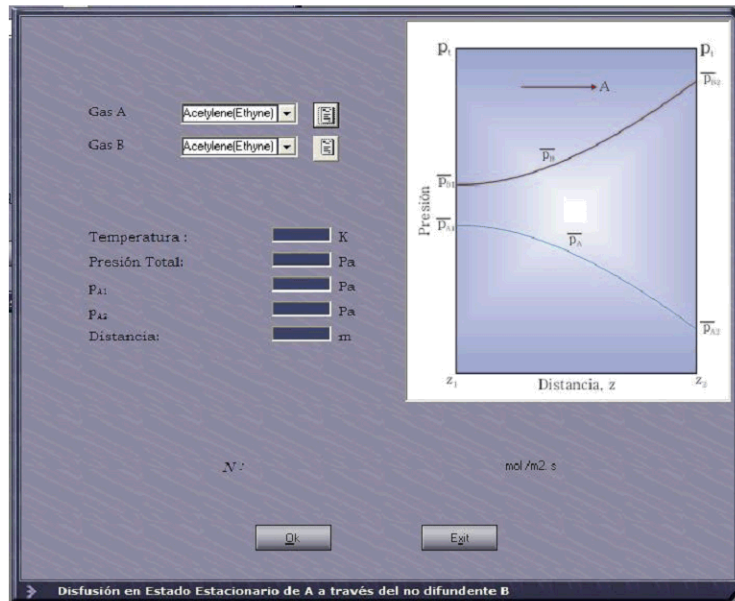


Figura No. 8: Módulo Difusión en Estado Estacionario

Ahora, si en las sustancias presentes no se encuentra la perteneciente de su criterio, puede acceder a un formulario en donde puede ingresar la sustancia deseada, junto con las propiedades que ella tiene.

Figura No. 9: Ingresar una nueva sustancia

6.4.1.3.2. Absorción (Columna Empacada)

En el caso de la Absorción empacada, entre las ecuaciones tomadas en cuenta, se encuentran las correlaciones de Onda¹³:

Para la Fase Líquida

$$k_L \cdot \left(\frac{\rho_L}{\mu_L \cdot g} \right)^{1/3} = 0.0051 \cdot \left(\frac{G_L}{a_W \cdot \mu_L} \right)^{2/3} \left(\frac{\mu_L}{\rho_L \cdot D_L} \right)^{-1/2} (a_V \cdot D_P)^{0.4} \quad (2)$$

Para la Fase Gaseosa

$$\frac{k_G \cdot R \cdot T}{a_V \cdot D_G} = C_1 \cdot \left(\frac{G_V}{a_V \cdot \mu_G} \right)^{0.7} \left(\frac{\mu_G}{\rho_G \cdot D_G} \right)^{1/3} (a_V \cdot D_P)^{-2.0} \quad (3)$$

La expresión a_W , es definida como el área superficial mojada del empaque, es:

$$\frac{a_W}{a_V} = 1 - EXP \left[-1.45 \cdot \left(\frac{\sigma_c}{\sigma} \right)^{0.75} \left(\frac{G_L}{a_V \mu_L} \right)^{0.1} \cdot \left(\frac{G_L^2 \cdot a_V}{\rho_L^2 \cdot g} \right)^{-0.05} \cdot \left(\frac{G_L^2}{\rho_L \cdot \sigma \cdot a_V} \right)^{0.2} \right] \quad (4)$$

Las ecuaciones anteriores son adimensionales, por lo que las unidades que se utilicen deben ser consistentes.

a_V = área superficial por unidad de volumen de empaque
[ft² / ft³ (m² / m³)]

a_W = área superficial del empaque mojado [ft² / ft³ (m² / m³)]

C_1 = constante adimensional. $C_1 = 5.23$ para empaques mayores a $\frac{1}{2}$ in; $C_1 = 2.0$ para empaques menores a $\frac{1}{2}$ in.

D_L = Coeficiente de Difusión de la fase líquida [ft² / h (m² / s)]

D_P = Tamaño nominal del empaque [ft (m)]

D_V = Coeficiente de difusión de la fase gaseosa [ft² / h (m² / s)]

g = Aceleración de la gravedad [4.17 x 10⁸ ft / h² (m / s²)]

G_L = velocidad de masa de la fase líquida [lb / h.ft² (kg /s.m²)]

G_V = velocidad de masa de la fase gaseosa [lb / h.ft² (kg /s.m²)]

k_G = Coeficiente individual de transferencia de masa de la fase gaseosa
[lb mol / h.ft² atm(mol /s.m²)(N/m²)]

k_L = Coeficiente individual de transferencia de masa de la fase Líquida
[lb mol / h.ft² atm(mol /s.m²)(N/m²)]

μ_L = Viscosidad del líquido [lb / ft h (kg /m.s)]

μ_G = Viscosidad del gas [lb / ft h (kg /m.s)]

ρ_L = Densidad del líquido [lb / ft³ (kg /m³)]

ρ_G = Densidad del gas [lb / ft³ (kg /m³)]

σ = Tensión superficial del líquido [dinas / cm (N/m)]

σ_c = Tensión superficial crítica del material de empaque [dinas / cm]

Los intervalos de datos que incluyen las ecuaciones (2) y (3) se basan en los valores del Número de Reynolds. Para k_L , el intervalo de datos es desde 4 hasta 400 para el agua y de 1 hasta 40 para absorbentes orgánicos. Para k_G el número de Reynolds para el gas es desde 5 hasta 1000.

Una vez obtenido los coeficientes individuales de Transferencia, se procede a calcular las alturas de las unidades de transferencia:

$$\begin{aligned} H_G &= \frac{G_V / M_V}{k_G \cdot a \cdot P} \\ H_L &= \frac{G_L}{k_L \cdot a \cdot \rho_L} \end{aligned} \quad (5)$$

Luego se puede calcular las alturas:

$$\begin{aligned} H_{OG} &= H_G + \frac{m \cdot G}{L} H_L \\ H_{OL} &= H_L + H_G \frac{L}{m \cdot G} \end{aligned} \quad (6)$$

En el caso de sistemas diluidos, encontramos:

$$N_{TOG} = \frac{\ln \left\{ \frac{y_1 - m \cdot x_2 \left(1 - \frac{1}{A} \right) + \frac{1}{A}}{y_2 - m \cdot x_2} \right\}}{1 - \frac{1}{A}} \quad (7)$$

Finalizado con el cálculo de la altura empacada:

$$Z = N_{OG} * H_{OG} \quad (8)$$

Una vez realizado el compendio de ecuaciones, necesarias para el diseño, procedemos a desarrollar un código en VISUAL BASIC que adopte éstas ecuaciones y entregue un resultado satisfactorio del problema de diseño de

Columnas de Absorción Empacadas. A continuación se presentan los formularios que se utilizaron para la consecución de ese objetivo:

Cálculo de Una Torre de Absorción (Columna Empacada)

Ayuda

INFORMACIÓN DEL GAS

Nombre del Gas: Hydrogen Sulphide

Flujo Volumétrico: 0.0486 m³ / s

Composición de Entrada (y1): 0.03 Comp. Molar

Composición Requerida a la salida (y2): 0.001 Comp. Molar

INFORMACIÓN DEL LIQUIDO

Nombre del Líquido: Water

Composición de Entrada (x2): 0 Comp. Molar

GENERALIDADES DEL SISTEMA

Temperatura: 293.15 K

Presión: 101325 Pa

Ok Empaques Exit

Figura No. 10: Formulario de Captura de Datos – Torre de Absorción Empacada

Además de lo anterior, se presenta un formulario que permite escoger el tipo de empaque, de acuerdo a las preferencias del usuario y así comparar entre varios empaques, y por supuesto sacar conclusiones al respecto:

Packing Data

ESCOGENCIA DEL EMPAQUE

Tipo de Empaque:

Material:

Tamaño: in

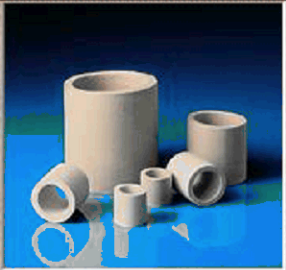


Figura No. 11: Formulario de Escogencia de Empaques

Luego de la captura de datos, se presenta un formulario de resultados, en los que se presenta: la altura empacada, diámetro de la torre, y datos sobre el empaque escogido, así como los coeficientes de transferencia de masa:

Resultados

INFORMACIÓN GENERAL

Altura de la Zona Empacada: 5.52 m

Diámetro de la Torre: .646 m

COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE MASA

Individual - Fase Gaseosa: .00000654 mol/s.m² (N/m²)

Individual - Fase Líquida: .00005058 mol/s.m² (N/m²)

Num de Unidades Transf: 9.4612876

Altura Unitaria: .58344245 m

EMPAQUE

Tipo de Empaque: Raschig

Material: Ceramica

Tamaño: 1/4 in

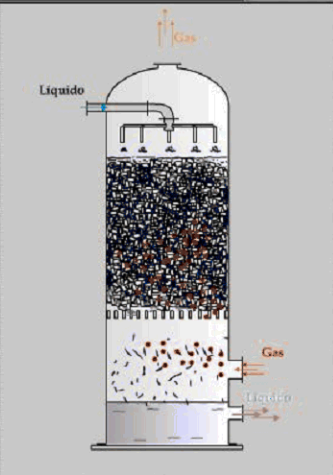


Figura No. 12: Formulario de Resultados

6.4.1.3.3. Absorción (Columna de Platos)

Para el caso de la columna de platos, se tuvieron en cuenta ecuaciones de diseño correspondiente a platos perforados³⁶.

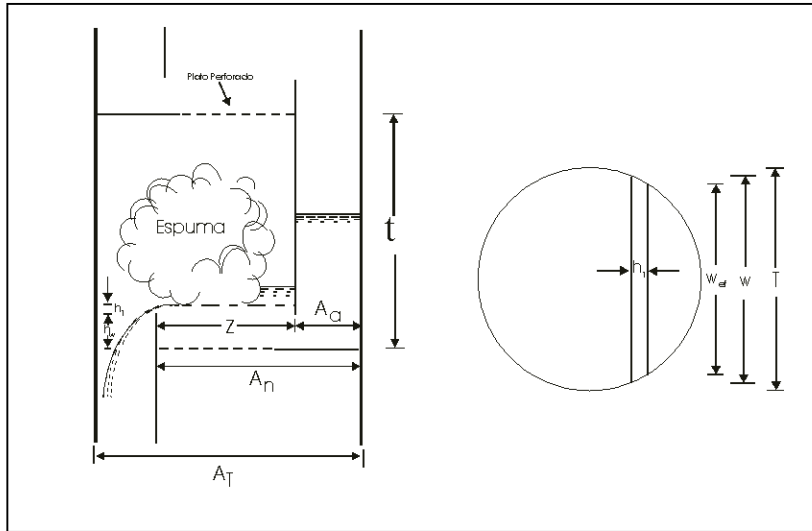


Figura No. 13: Partes de un plato perforado

En donde:

$$C_F = \left\{ \alpha * \log \left(\frac{1}{\frac{L'}{G'} * \left(\frac{\rho_G}{\rho_L} \right)^{1/2}} \right) + \beta \right\} * \left(\frac{\sigma_L}{0.020} \right)^{0.2} \quad (9)$$

$$V_F = C_F * \left(\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G} \right)^{1/2} \quad (10)$$

$$A_o = \frac{Q_G}{V_o} \quad (11)$$

$$A_a = \frac{A_o}{0.907 \cdot \left(\frac{d_o}{p'}\right)^2} \quad (12)$$

$$A_n = \frac{Q_G}{V} = A_T - A_{VERT} \quad (13)$$

$$A_T = \frac{A_n}{1 - \%A_T} \quad (14)$$

$$T = \sqrt{\frac{4 \times T}{\pi}} \quad (15)$$

$$h_1 = 0.666 * \left(\frac{q_L}{w}\right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{w}{w_{ef}}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (16)$$

$$\left(\frac{w_{ef}}{w}\right)^2 = \left(\frac{T}{w}\right)^2 - \left\{ \left[\left(\frac{T}{w}\right)^2 - 1 \right]^{0.5} + \frac{2 * h_1}{T} * \left(\frac{T}{w}\right) \right\}^2 \quad (17)$$

Cabe anotar, que éstas no son todas las ecuaciones que se presentan en el diseño de platos perforados; las otras ecuaciones se presentan en el momento de encontrar los parámetros respectivos de las ecuaciones anteriormente expuestas. Dichas ecuaciones pueden encontrarse en su totalidad en el Libro de Treybal³⁶.

La obtención del número de platos requerido, se realizó comparando plato a plato las concentraciones del plato en cuestión y la correspondiente a los requerimientos estipulados:

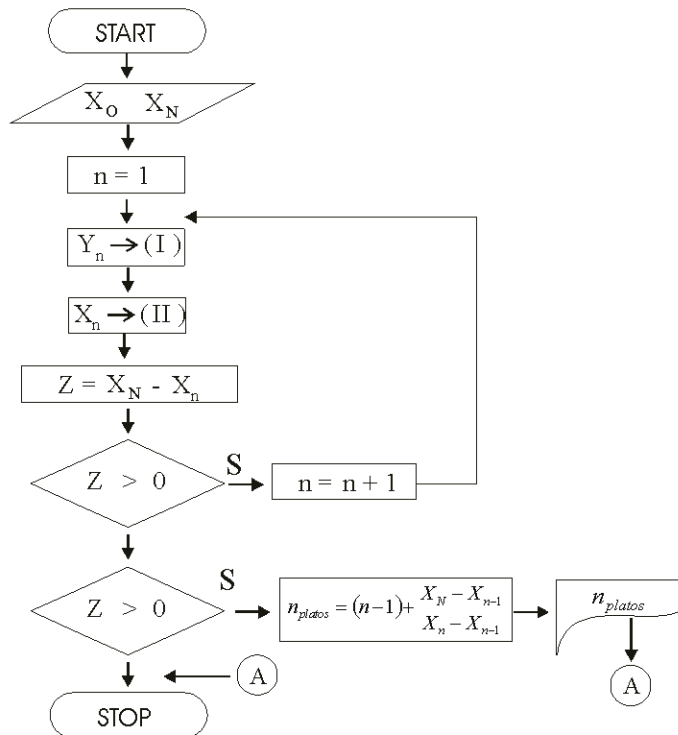


Diagrama No. 4: Algoritmo de cálculo del número de Platos

Donde las ecuaciones I y II son las ecuaciones de balances de masa y de equilibrio respectivamente.

Como en el caso anterior, se realizó un código en VISUAL BASIC 6.0, para permitir al usuario, obtener resultados referidos al problema de diseño de Columnas de Platos. A continuación se muestran los formularios correspondientes a éste propósito:

Ayuda

INFORMACIÓN DEL GAS

Nombre del Gas: 

Flujo Volumétrico: m³ / s

Composición de Entrada (y_{n+1}): Comp. Molar

Composición Requerida a la salida (y_1): Comp. Molar

INFORMACIÓN DEL LIQUIDO

Nombre del Líquido: 

Composición de Entrada (x_o): Comp. Molar

GENERALIDADES DEL SISTEMA

Temperatura: K

Presión: Pa

CARACTERÍSTICAS DEL PLATO

Longitud del Derramadero como función (%) del Diámetro: D

Material del Orificio:

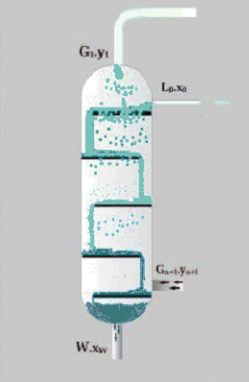


Figura No. 14: Formulario de Captura de Datos – Columna de Platos

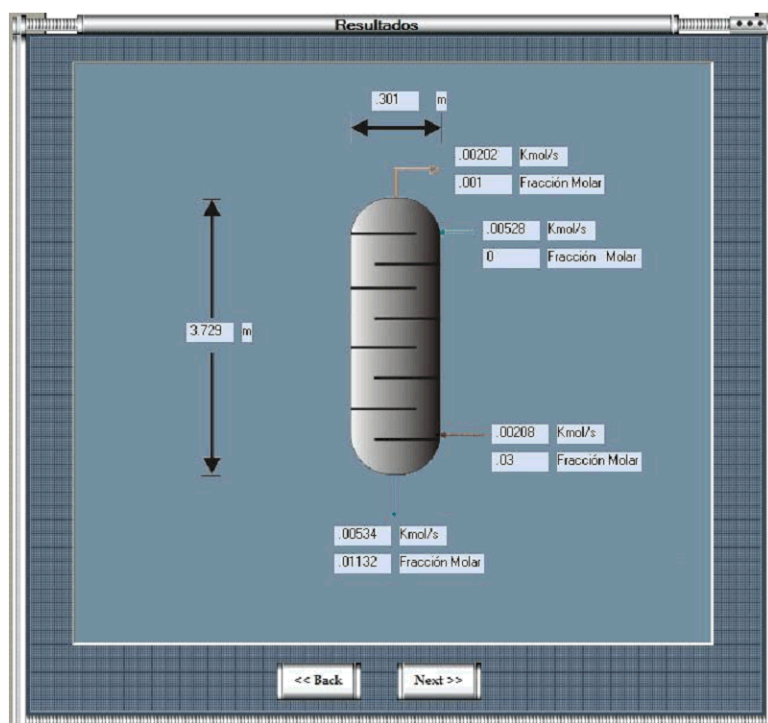


Figura No. 15: Formulario de Resultados (General)

En éste formulario se presentan los resultados correspondientes a los flujos de cada corriente, así como la altura de la torre (referida al número de platos) y el diámetro de la misma.

Lo concerniente a las condiciones encontradas en lo que al diseño de platos se refiere, se consideró realizar un formulario aparte, en donde todos esos valores se estipularan; uno de esos valores son los que corresponden a: el área neta, número de orificios por plato, número de platos, área activa, longitud del derramadero, entre otros. A continuación se muestra el formulario que se obtiene:

The screenshot shows a software window titled "Especificaciones del Plato" (Tray Specifications). It contains two technical diagrams and a table of specifications.

Technical Diagrams:

- Left Diagram:** A side-view cross-section of a tray. It shows a horizontal weir at the top with height h_w . Below it is the active area A_a and the net area A_n . The tray thickness is labeled t .
- Right Diagram:** A top-down view of a circular tray. It shows a grid of circular holes. The diameter of a single hole is labeled d_o , and the total diameter of the tray is labeled W .

Table of Specifications:

Espeor del Plato (t):	.00195 m	Longitud del Derramadero (W):	.211 m
Altura del Derramadero (h_w):	.05 m	Diámetro del Orificio (d_o):	.003 m
Área Activa (A_a):	.059 m		
Área Neta (A_n):	.065 m		
Espacio Entre Platos (t):	.4 m		
Número de Platos:	9.323		

At the bottom of the window are two buttons: "<< Back" and "Exit".

Figura No. 16: Formulario de Resultados (Platos)

6.4.1.3.4. Destilación

En el caso de la Destilación Binaria se escogió el método de McCabe-Thiele, el cual tiene algunas restricciones como son:

- ✓ Sistemas Termodinámicos ideales
- ✓ Se considera que L/G es constante en cada zona de la columna

El siguiente algoritmo se utilizó para la construcción teórica de los platos:

- i) Se inicia en la línea $y = x$, para las condiciones del destilado $(x,y)=(x_D,x_D)$
- ii) Se sigue la línea correspondiente a y como constante hasta la línea de equilibrio. $(x,y) = (x_{Eq}, x_D)$.
- iii) Luego ese punto se reemplaza en la ecuación correspondiente a la zona en que se encuentra (para éste ejemplo sería la zona de enriquecimiento), y se obtiene el nuevo punto (x_{EQ},y_1) .

Este procedimiento se sigue continuamente hasta llegar hasta la zona empobrecimiento, en la cual se utiliza ésta línea para la construcción.

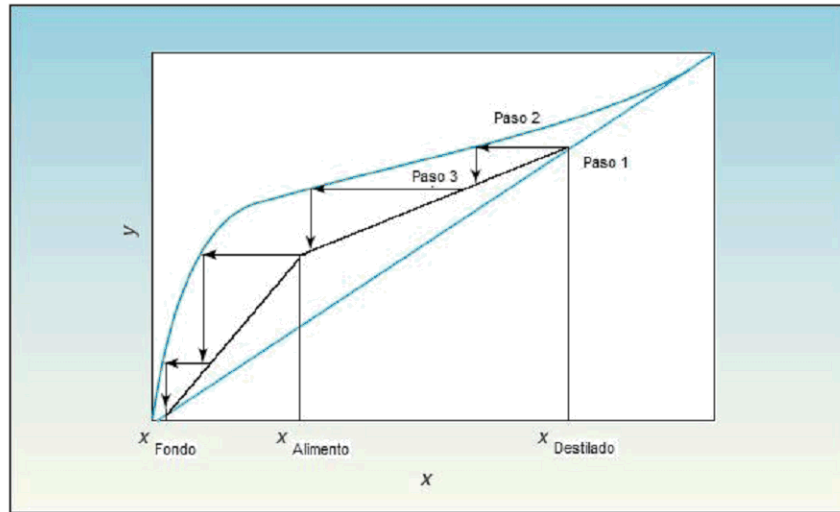


Figura No. 17: Construcción Gráfica de McCabe-thiele

Seguidamente se ilustran los formularios obtenidos para éste método, en el cual es necesario ingresar los datos correspondientes a la separación deseada. En él se deben estipular las sustancias y condiciones para el diseño de la operación:

Cálculo de Una Columna de Destilación : McCabe - Thiele

CONDICIONES DEL ALIMENTO

Flujo: 150 Kg/h

Temperatura: 300.15 K

Sustancias Presentes

Componente Clave: Acetone Composición: 0.0345 Peso

Otra Sustancia: Water

CONDICIONES DEL DESTILADO

Composición: 0.995 Peso

CONDICIONES DEL RESIDUO

Composición: 0.00051 Peso

CONDICIONES GENERALES

Presión: 101325 Pa

Relación de Reflujo (R/R_{mín}): 1.0

Generalidades del Plato (Perforado)

Long. del Derramadero como f (% Diámetro): 0.70 D

Material del Orificio: Acero Inoxidable

Botones: OK, Exit

Figura No. 18: Método de McCabe-thiele

Y las correspondientes ilustraciones de los formularios de salida de resultados son los siguientes:

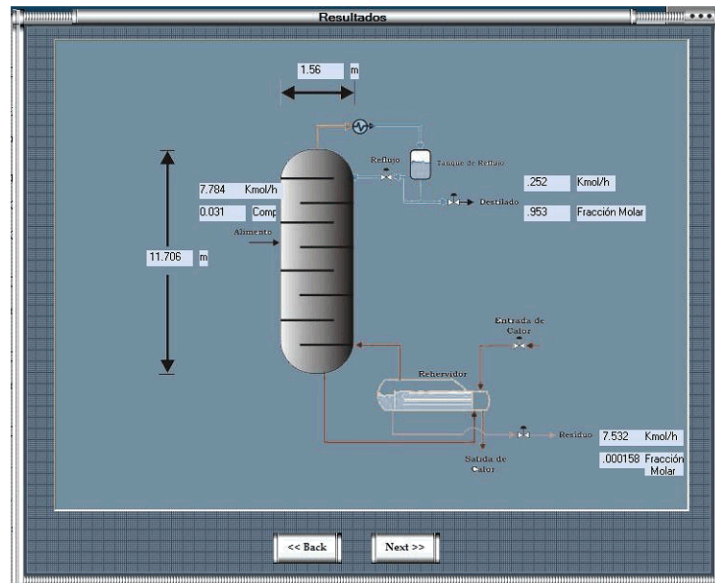


Figura No. 19: Formulario de Resultados (General)

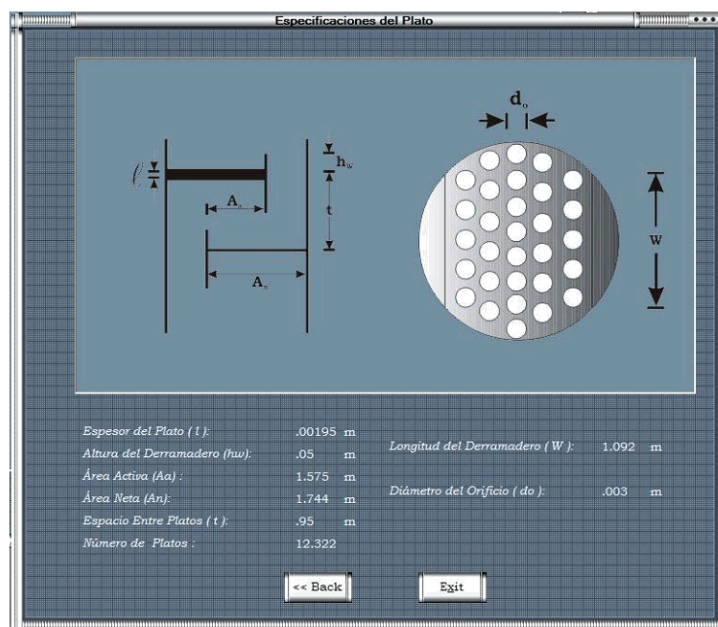


Figura No. 20: Formulario de Resultados (Platos)

Es de notar, que en todos los casos anteriores (en todas las aplicaciones complementarias), existe un formulario que permite el ingreso de sustancias que no se encuentran dentro de las listas de sustancias presentadas; es así como el usuario al observar que no se encuentra la sustancia requerida, él puede ser uso de éste formulario para agregarla en la lista, adjuntando además las propiedades físicas y químicas que ésta sustancia posee. Además en éste formulario puede encontrar unos botones de ayuda que ilustran cuales y de donde se pueden obtener la información solicitada.

En éste apartado (de ayuda), el usuario puede encontrar una colección de aproximadamente 300 sustancias con sus respectivas propiedades y la forma de calcularse (ecuaciones de cálculo de propiedades), que pueden servir de base para ser ingresadas en la bases de datos de sustancias presentadas en la lista inicial. Éste formulario es el mismo presentado anteriormente, en el apartado correspondiente a la Difusividad de gases (figura 8).

6.4.1.3.5. Elaboración de los XML

Para tratar de minimizar los requerimientos de la aplicación se optó por la utilización del denominado: Extensible Markup Language (Lenguaje extensible de marcas), que permite crear un archivo de texto con estructura, que permitió formar una colección de sustancias, junto a sus propiedades; así como los Tipos de empaques, correspondientes a la parte de Absorción.

Unas de las razones por la que se decidió realizar está colección de datos en lenguaje XML son:

- ✓ XML es soportado por una amplia variedad de aplicaciones.
- ✓ Es sencillo escribir programas que procesen documentos XML.

- ✓ Los documentos XML son legibles por el usuario y razonablemente claros.
- ✓ El diseño de XML se puede preparar rápidamente
- ✓ Los documentos XML son fáciles de crear.

Ésta estructura se muestra a continuación:

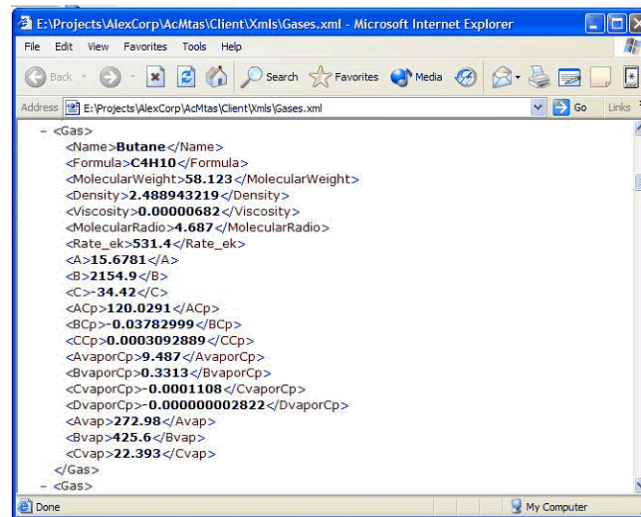


Figura No. 21: Estructura de los XML's

Éstos XML pueden ser creados en el NOTEPAD de Windows, solo que al grabar la información se especifica el tipo de archivo que van a ser.

Para que VISUAL BASIC 6.0 utilice los XML dentro de su entorno, es necesario realizar una Referencia a los XML, en la opción del Menú denominada PROYECTO y en ella se escoge REFERENCIAS.

Luego es necesario escribir unas líneas de comandos para cargar esos XML, como las que siguen:

```
Dim objXMLDom As DOMDocument30
Dim Root As IXMLDOMElement
Dim NodeList As IXMLDOMNodeList, ChildNodeList As IXMLDOMNodeList
Dim SingleNode As IXMLDOMNode, Child As IXMLDOMNode
Dim varItemCount As Integer, ni As Integer, nJ As Integer
```

```
Set objXMLDom = New DOMDocument30  
objXMLDom.async = False
```

'Load Liquids XML

```
objXMLDom.Load sPath & "XmIs\Liquids.xml"  
Set Root = objXMLDom.documentElement  
Set NodeList = Root.childNodes
```

En donde se apunta al archivo XML y al primer nodo de esa estructura.

En lo concerniente al manual del usuario se hará una referencia un poco mas profunda sobre los XML utilizados.

6.4.1.4. Elaboración de Recursos Multimedia

Para la elaboración de los recursos multimedia, se tuvo en cuenta, por supuesto, que la integración de texto, gráficos y/o animaciones fuera lo mas lógica posible; esto es, que la animación que se hiciera estuviera en profunda relación con el contenido y que estimulara los sentidos de la vista y el oído en mayor grado.

En cuanto las gráficas, éstas se realizaron con la ayuda del *software* de diseño gráfico COREL DRAW 11 y ADOBE PHOTOSHOP CS. Una muestra de éstas gráficas es la siguiente:

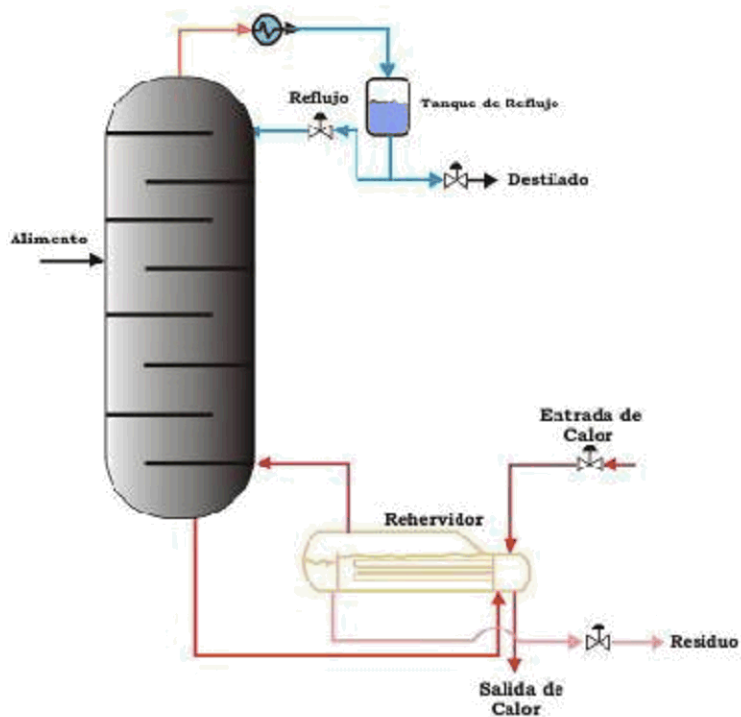


Figura No. 22: Esquema de Una Columna de Destilación

Por su parte las animaciones, se realizaron con el *software* MACROMEDIA FLASH MX 2004.

Además la revisión bibliográfica, que incluía una revisión exhaustiva por Internet, permitió encontrar otro tipo de gráficas, imágenes y videos, los cuales eran de gran importancia para ésta aplicación, por lo que se decidió acompañar los textos con esas imágenes.

Es de anotar que, más que el desarrollo particular de los recursos multimedia en cualquier tipo de *software*, la multimedia es una interacción de lenguajes, por lo que se requiere que se pueda proceder a su utilización integral.

6.4.3. Integración de los recursos Multimedia

Después de haber desarrollado los anteriores recursos (hablamos de multimedia, aplicaciones complementarias, interfaz), se procedió a integrar los recursos, con los cuales contamos, todos ellos dentro de la interfaz diseñada y desarrollada anteriormente.

6.5. FASE V: EXPERIMENTACION Y VALIDACIÓN DEL PROGRAMA

Consiste en la evaluación de los diferentes aspectos del prototipo, analizando la calidad de los mismos y su adecuación. La evaluación se realizó de manera formativa, para comprobar que todos los elementos del programa funcionen correctamente, y si ese no es el caso, realizar las modificaciones oportunas sobre el prototipo.

Dentro de éste tipo de evaluaciones, se encuentran estipuladas:

6.5.1. Evaluación experta

En donde la evaluación es realizada por parte de expertos en el tema, analizando el mismo e identificando problemas para que se subsanen o proponiendo mejoras del mismo.

6.5.2. Evaluación Analítica y por Observación

En éstos tipos de evaluación se logró que los usuarios interactuaran con el programa, para así reunir información sobre la conducta de los estudiantes y luego introducir mejoras, si así lo fuera conveniente.

Los problemas encontrados permitieron depurar el prototipo, realizando la mejora del mismo, posteriormente éstas evaluaciones se realizaran nuevamente. Esta actividad es realizada de forma circular de modo que se siga validando hasta que se considere que el prototipo ha superado el control de calidad, tanto a nivel técnico como pedagógico o formativo.

6.6. FASE VI: ELABORACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL

Una vez realizada la depuración del prototipo, se toma la decisión de realizar una versión definitiva del programa, pero no sin antes mencionar que, si por alguna razón se ha pasado por alto alguna mejora que se pueda realizar posteriormente, se debe proceder con el perfeccionamiento; como se dijo anteriormente, el procedimiento de evaluación es cíclico y así debe ser tomado. Por supuesto éste proceso cíclico tiene fin, una vez que no se presenten alteraciones significativas a la versión final.

6.7. FASE VII: ELABORACIÓN DEL MATERIAL COMPLEMENTARIO

Para finalizar, una vez producida la aplicación, se elaboró un material complementario que acompaña el mismo, aspectos técnicos y uso del programa (éste material complementario, se presenta en detalle en los anexos).

7. CONCLUSIONES

La multimedia, ambiente computacional de gran auge en el sector educativo, es una herramienta más que la tecnología moderna ofrece a la educación y como tal, cobra verdadera relevancia para los procesos de enseñanza y de aprendizaje, en la medida de cómo sea usado, ya que, al igual que cualquier otro instrumento, por sí sólo no garantiza ninguna transformación. En este sentido, los docentes, como agentes más cercanos a tales procesos, son los primeros llamados a hacer uso de las nuevas tecnologías en el aula de clase, de una manera efectiva y creativa, pues son ellos los verdaderos agentes de cambio. Al mismo tiempo se va creando una cultura tecnológica que va dirigida a explorar nuevas herramientas que conlleven a la elaboración de nuevos ambientes de aprendizaje.

Es así como, para lograr un objetivo que abarque todo lo relacionado a un buen proceso aprendizaje, el profesor está llamado a soportarse en herramientas que faciliten éste proceso.

Éste tipo de herramientas, como ACMtas otorgan al alumno un soporte pedagógico, y en ningún momento es un sustituto del profesor, por el contrario, como se dijo anteriormente, es un soporte académico, como lo puede ser cualquier libro o ayuda educativa. Solo que éstas herramientas logran incentivar al estudiante, ya que no son instrumentos convencionales de enseñanza, además, los ambientes multimedia enriquecen los procesos

de aprendizaje y por tanto, hacen más efectiva la adquisición del conocimiento; de aquí, el papel del profesor como moderador de éste tipo de ayudas educativas.

Éste tipo de metodología (ambientes multimedia), cumplen con los parámetros correspondientes a la enseñanza programada conductista, pero se encuentran inspirados en lo concerniente con algunos postulados del cognoscitismo y el constructivismo; ya que la interactividad produce una retroalimentación inmediata e individualiza la atención del estudiante; se logra una mayor concentración debido al empleo de diversas formas de comunicación como son las imágenes, animaciones, videos, etc., pero además, se logra la activación de los procesos del pensamiento por el tratamiento pedagógico del contenido de aprendizaje.

8. RECOMENDACIONES

- Avocarse a las Operaciones de Absorción no isotérmica, y a la Destilación Multicomponente, y así ampliar la base del conocimiento de las Operaciones Unitarias con Transferencia de Masa contenida en ACMtas.
- Incluir otro tipo de ayudas educativas, como es el caso de las simulaciones, en las cuales se le permita al usuario ver el equipo en funcionamiento dinámico y ver como las variables pueden ir cambiando en el tiempo, después de realizar modificaciones a variables determinadas.
- Ampliar las variables de diseño de los equipos de Transferencia de Masa, como por ejemplo, como influye el material que se escoja para el diseño en la relación costo-beneficio.
- En lo posible, diseñar un proceso completo, que involucre diversas Operaciones Unitarias, para observar el comportamiento de diversas variables sobre el producto final.

BIBLIOGRAFÍA

1. AREVALO, Isabel, JAIMES, Maria. *Medio Interactivo para la Enseñanza de la maquina de corriente continua basada en Multimedia*. UIS. 2000
2. ALVAREZ, Daniel, ESPINOSA, Freddy. *Medio Interactivo Para la Enseñanza de los Transformadores basado en Multimedia*. UIS. 1998
3. ARDILA, Alfredo, LORDUY, Edgardo. *Elaboración de una herramienta multimedia de soporte orientada a la enseñanza de los conceptos generales de funciones en el curso de cálculo diferencial*. UIS. 1999
4. AINSWORTH D. *What century is this anyway? A critical look at technology in education*. Educ Technol 1987; 27(9):26-8.
5. BAUTISTA, Luis, RUIZ, Gabriel. *Software Tutorial para métodos numéricos con aplicaciones en Ingeniería Civil*. UIS. 1999
6. BENNET, C.O., MYERS, J.E. *Transferencia de Cantidad de Movimiento, Calor y Materia*. Ed. Revertè S.A. Barcelona, 1979 . Pag.
7. BRODKEY, Robert S., HERSHEY, Harry C. *Chemical Engineering Series: Transport Phenomena – A Unified Approach*. Ed. Mc. Graw Hill. United States, 1988. Pag. 3-51.

8. BROWN, George. *Unit Operations*. Ed. Fourth Printing. 1950
9. COULSON, J.M., RICHARDSON, J.F. *Chemical Engineering, Vol II – Unit Operations*. Ed. Pergamon Press. 1978.
10. DELGADO, Hernando. *Sistema de Información Interactivo para el estudio de circuitos Integrados Digitales SSI y MSI que sirva de apoyo en el diseño de sistemas digitales*. UIS. 1998
11. FAINHOLC, B. *La Interactividad en la Educación a Distancia*. Ed. Paidós. Argentina, 1999
12. FERRADA, Pedro, RIOS, Oscar. (Tesis de Grado) *Diseño, Desarrollo e Implementación de una herramienta computacional para el complemento del laboratorio de Fenómenos de Transporte de la Escuela de Ingeniería Química de La UIS*. 2002
13. FOUST, Alan. *Principles of Unit Operations*. Ed. John Wiley & Sons, Inc. Londres ,1960
14. FRANKS, G.E. Roger. *Modeling and Simulation In Chemical Engineering*. Ed. Joh Wiley & Sons. Londres 1972
15. GALLEG0, D.J. *Multimedia*. Madrid: UNED, 1994
16. GARCIA, Aretio. *Eduación a Distancia de Hoy*. Madrid: UNED, 1994

17. GIL, Luis, Osorio, Sonia. *Diseño y Desarrollo de un material Educativo Computarizado para Termodinámica*. UIS. 2002
18. GONZALES C., V. *Teoría y Práctica de los Medios de Enseñanza*. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba., 1986.
19. GRASSMANN, Peter. *Physical Principles of Chemical Engineering*. Ed. Pergamon Press. Oxford, 1971. Pags. 549-552
20. HENLEY, Ernest J., SEADER, J.D. *Equilibrium – Stage | Separation Operations In Chemical Engineering*. Ed. John Wiley & Sons, Inc. 1981.
21. KONSTANTINOV, NA. *Historia de la Pedagogía*. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, 1976.
22. LAURILLARD, D. *Rethinking university teaching*. London: Routledge. 1993
23. LASSER, W. *Aplicaciones informáticas educativas para la enseñanza a distancia: algunos aspectos de diseño y formatos de presentación*. Madrid, UNED. Junio 1998, Vol. 1, No. 1.
24. LIEBERMAN, Norman P. *Process Design For Reliable Operations*. Ed. Gula Publishing Company. Houston, 1983.
25. LOPEZ, O. J. *Sistemas Tutoriales Inteligentes (ITS) - Conferencia mecanografiada*. España: 1993

26. McCABE, W.L., SMITH, J.C., HARRIOT, P. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Ed. McGraw Hill. Madrid, 1991.
27. NÉRICI, Irídeo. *Metodología de la Enseñanza*. México: Kapelusz, 1985
28. O'SHEA, Self J. *Enseñanza y aprendizaje con ordenadores*. Editorial Científico-Técnica. La Habana, 1989.
29. PERRY, R.H., CHILTON, C.H. *Manual del Ingeniero químico*. Ed. Mc Graw Hill. Sexta Edición.
30. QUINTERO, Fabio, RUEDA, Joaquín. (Tesis de Grado). *Simulación y Control de Un sistema de Absorción de CO₂*. 1991
31. SAETLER, P. *A History of Instructional Technology*. Ed. McGraw Hill. U.S.A., 1968.
32. SANCHEZ, Ramón. (Tesis de Grado). *Tutorial de Métodos Numéricos para Ingeniería Química*. 2001
33. SERRANO, Orlando. *Elaboración de un programa tutorial para el curso de Optimización*. UIS. 1999
34. SLEEMAN D, Brown. *Intelligent tutoring systems*. London: Academic, 1982.
35. SMITH, D. Buford. *Design of Equilibrium Stage Process*.

36. TREYBAL, R.E. *Operaciones de Transferencia de Masa*. Ed. Mc Graw Hill.
37. UNESCO. *Aprendizaje abierto y a distancia*. Madrid: UNED, 1998
38. Universidad de Oregon. *The 1994-95 Educational Software Preview Guide*. International Society For Technology in Education. 1994
39. http://www.lmi.ub.es/te/any96/marques_software/#capitol13.
Funciones del Software Educativo. Universidad Aut3noma de Barcelona
40. <http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/xml/xml1/#sec-intro>

ANEXOS

MANUAL DEL USUARIO

La aplicación ACMtas versión 1.0, es un programa de soporte para las Operaciones de Transferencia de Masa, entre las cuales se encuentran las operaciones de Absorción Isotérmica, y la Destilación Binaria. Para una instalación exitosa de ACMtas v1.0 es necesario tener en cuenta los siguientes requerimientos mínimos:

-  Procesador Pentium II (o superior)
-  32 Mb de Memoria RAM (o superior)
-  300 Mb de espacio en Disco Duro
-  Unidad de CD-ROM 4X (o superior)
-  Mouse
-  Monitor VGA Color con Tarjeta de Video de 2MB (o superior). Resolución 1024x768
-  Windows 98 con Internet Explorer 5.0 (o superior)
-  Tarjeta de sonido recomendada para aprovechar las características de sonido del software.

I. INSTALACIÓN

Debido a que ACMtas requiere para su óptimo desempeño la instalación, tanto de Acrobat Reader como el Plug In de Macromedia Flash, inicialmente es necesario realizar lo siguiente:

1. Inserte el CD-ROM de ACMtas (como inicialmente se activa automáticamente la instalación, presione EXIT SETUP), y verifique en su Windows Explorer la ubicación del directorio ADICIONAL, en donde podrá encontrar los instaladores de los software anteriormente nombrados. Haga doble Click sobre cada uno de ellos y siga los pasos descritos. (Nota: en la mayoría de los casos el Flash Placer no muestra opciones de instalación). Si usted ya posee los programas anteriores continúe con el paso 2.
2. Una vez verificado la instalación de Acrobat Reader y Flash Placer, inserte el CD-ROM de ACMtas v1.0 y siga los pasos que se muestren en el momento en que aparezca la ventana de instalación.

II. USO DE LA APLICACIÓN

En el momento que se ejecuta ACMtas, se presenta una *Splash* de entrada:

Nombre de la Aplicación



Salir de la Introducción

Figura No.1: *Splash* de Introducción

Una vez que se presiona sobre las palabras SALIR INTRO, se muestra la interfaz principal, en donde se visualizan las diferentes parte de ella, menús, página inicial, etc.



Figura No. 2: Ventana Principal

A continuación se explican las partes más significativas de la ventana principal:

II.1. Menú Principal

Las opciones de éste menú son:

- **Fundamentos**
 - Transferencia de Masa
 - Termodinámica

Aquí se exponen conocimientos generales sobre conceptos que son necesarios para el entendimiento de las Operaciones de Transferencia de Masa, como son los relacionados con la parte Termodinámica y lo referente a la Transferencia de Masa como tal.

Las siguientes ilustraciones corresponden a éstas opciones:



Figura No. 3: Fundamentos (Transferencia de Masa)



Figura No. 4: Fundamentos (Termodinámica)

➤ Operaciones de Transferencia de Masa

- General
- Equipos de Transferencia de Masa
- Absorción
- Destilación

Dentro de éste modulo se presentan las Operaciones Unitarias relacionadas con la Transferencia de Masa, dentro de las cuales se hace énfasis en las Operaciones de Absorción y Destilación. Además se muestran los equipos necesarios para llevar a cabo estas operaciones.

A continuación se muestran los módulos individuales de ésta opción (en el mismo orden descrito anteriormente):

➤ **Diseño de Equipos**

- Absorción
- Destilación

Se procedió a crear un módulo especializado en el planteamiento del problema del diseño de los equipos requeridos en las Operaciones de Transferencia de Masa (Absorción, Destilación).

Dentro de éste módulo se especificaron las diferentes ecuaciones de diseño existentes para llevar a cabo las Operaciones citadas. Encontramos modelos de diseño, diagramas de flujo, métodos gráficos, métodos teóricos, etc.

Cabe anotar que dentro de éstos modelos de diseño, se hizo énfasis en las operaciones de Absorción isotérmica (Binaria) y Destilación Binaria, aunque para ésta última Operación hacemos referencia teórica a las Operaciones Multicomponentes, en la cual también se plantean las diferentes ecuaciones y correlaciones de diseño, con lo cual se puede realizar una aproximación numérica de los resultados concernientes al número de platos necesario (para el caso que se utilice una torre de platos) para la consecución de la Operación de

Destilación, a diferencia tanto de la Absorción como la Destilación donde se crearon aplicaciones para éste fin.

➤ **Aplicaciones Industriales**

- Aplicación de Absorción
- Aplicación de Destilación
- Documentos varios

Dentro de éste apartado, se hizo imprescindible que el estudiante o el usuario, observara las diferentes aplicaciones que tienen estas Operaciones, de las cuales se hizo referencia anteriormente.

Debido al hecho que el estudiante de Ingeniería debe relacionar, en un grado mayor al actual, la teoría con la práctica, éste módulo debe servir para que el usuario identifique los diferentes usos que éstas operaciones poseen en el mundo industrial, y su vez pueda crear en el alumno la motivación necesaria para ampliar sobre éstos temas y plantear soluciones a otros.

➤ **Q&A**

Para que el alumno ponga en práctica su conocimiento, es académicamente prescindible, otorgarle al usuario una forma de confrontar sus ideas, con el uso de un formulario de preguntas.

➤ **Contáctenos**

Realiza un vínculo a un formulario donde se puede enviar un correo electrónico para enviar cualquier tipo de sugerencias.

II.2. Menú Particular

El acceso al menú horizontal o menú particular se obtiene al desplazar el *mouse* por esa zona y haciendo *clic* sobre la opción escogida. Las opciones de éste menú son las siguientes:

- **Absorción**
 - Columna de Platos
 - Columna Empacada
- **Destilación**
 - Binaria
 - Multicomponente
 - Método de McCabe-Thiele
 - Método de Ponchon-Savarit
- **Links**
 - Koch-Glitsch
 - Sulzer
 - Kuhni
- **Accesorios**
 - Calculadora
 - Tabla Periódica
 - Pesos Moleculares
- **Downloads (Descargas)**
- **Contáctenos**

Y la figura que representa éstas opciones es:



Figura No. 5 Menú Particular

II.3. Botones de Navegación

Representan opciones de enlace a las aplicaciones complementarias, entre otras. A continuación se presenta un diagrama con éstas opciones:



Figura No. 6: Botones de Navegación



Botón para acceder a páginas anteriores (Atrás)



Botón para acceder a páginas posteriores (Adelante)



Acceso a página inicial (*Home*)



Imprimir la página actual



Acceso a las aplicaciones complementarias



Botón que muestra una ayuda sobre la aplicación ACMtas



Botón de salida

II.3.1. Aplicaciones Complementarias

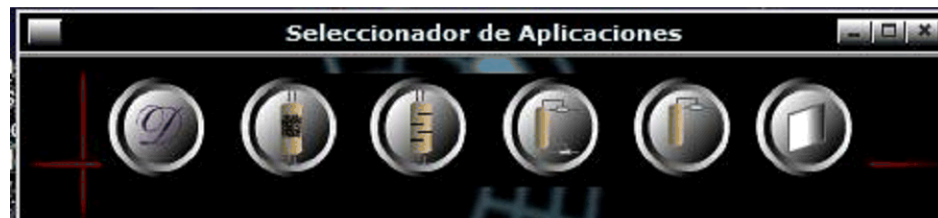
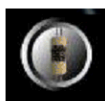


Figura No. 7: Aplicaciones Complementarias



Difusividad de Gases



Cálculo de Columnas Empacadas para Absorción



Cálculo de Torres de Platos para Absorción



Destilación Binaria



Destilación Binaria (Uso de Vapor Vivo)



Salida de las Aplicaciones Complementarias

II.3.2. Difusividad de Gases

Ayuda Cambio de Unidades

Gases: Acetylene(Ethyne) 

Liquidos: Acetone 

Temperatura : K

Presión : atm

 Difusividad : m2 /s

➤ Difusividad de Gases

Figura No. 8: Módulo Difusividad

En la anterior gráfica se muestra, además, las opciones que contiene éste módulo, como son, la escogencia de sustancias pertenecientes a una lista. Además es necesario ingresar los datos pertenecientes a las condiciones del sistema, como son la Temperatura y la Presión.

Para el cálculo de la Difusión en estado Estacionario, se debe presionar en el botón NEXT, para acceder al siguiente formulario:

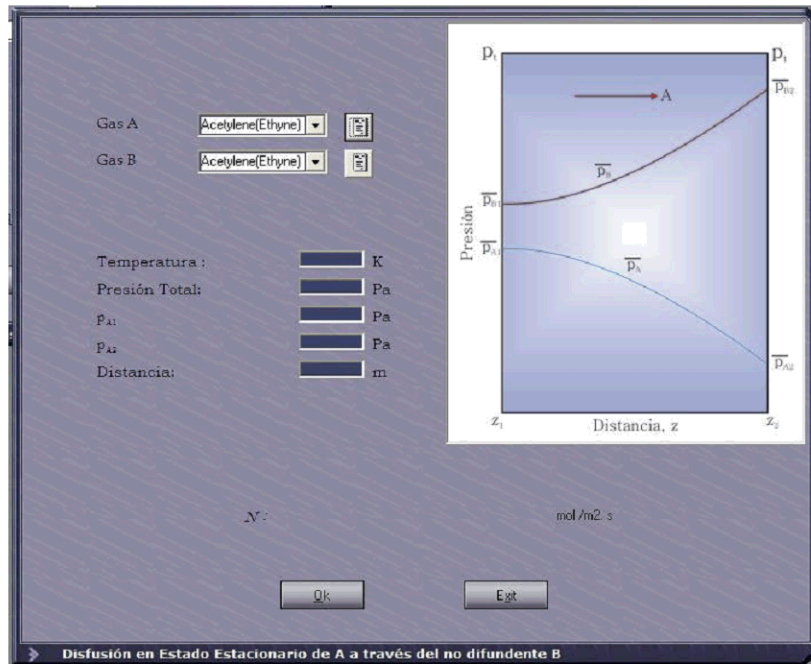


Figura No. 8: Módulo Difusividad

Ahora, si en las sustancias presentes no se encuentra la perteneciente de su criterio, puede acceder a un formulario en donde puede ingresar la sustancia deseada, junto con las propiedades que ella tiene.

Figura No. 9: Ingresar una nueva sustancia

II.3.3. Absorción de Gases (Columna Empacada)

Cálculo de Una Torre de Absorción (Columna Empacada)

Ayuda

INFORMACIÓN DEL GAS

Nombre del Gas: Hydrogen Sulphide

Flujo Volumétrico: 0.0486 m³ / s

Composición de Entrada (y1): 0.03 Comp. Molar

Composición Requerida a la salida (y2): 0.001 Comp. Molar

INFORMACIÓN DEL LIQUIDO

Nombre del Líquido: Water

Composición de Entrada (x2): 0 Comp. Molar

GENERALIDADES DEL SISTEMA

Temperatura: 293.15 K

Presión: 101325 Pa

Buttons: Qk, Empaques, Exit

Schematic Diagram: A vertical cylindrical tower with a liquid distributor at the top. Gas enters from the bottom and exits from the top. Liquid enters from the top and exits from the bottom. The tower is filled with packing material.

Figura No. 10: Formulario de Captura de Datos – Torre de Absorción Empacada

Además de lo anterior, se presenta un formulario que permite escoger el tipo de empaque, de acuerdo a las preferencias del usuario y así comparar entre varios empaques, y por supuesto sacar conclusiones al respecto:

Packing Data

ESCOGENCIA DEL EMPAQUE

Tipo de Empaque:

Material:

Tamaño: in

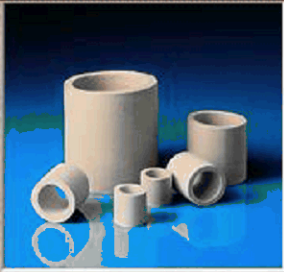


Figura No. 11: Formulario de Escogencia de Empaques

Luego de la captura de datos, se presenta un formulario de resultados, en los que se presenta: la altura empacada, diámetro de la torre, y datos sobre el empaque escogido:

Resultados

INFORMACIÓN GENERAL

Altura de la Zona Empacada	5.52	m
Diámetro de la Torre	646	m

COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE MASA

Individual - Fase Gaseosa	0.0000654	mol/s m ² (N/m ²)
Individual - Fase Líquida	0.0005058	mol/s m ² (N/m ²)
Num de Unidades Transf	9.4612876	
Altura Unitaria	58344245	m

EMPAQUE

Tipo de Empaque	Raschig
Material	Ceramica
Tamaño	1/4 in

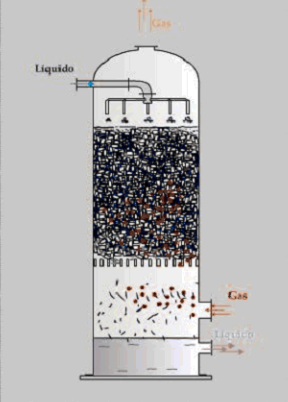


Figura No. 12: Formulario de Resultados

Cabe anotar que los datos ingresados a la aplicación deben contener sentido lógico, ya que de ellos dependen directamente los resultados que se obtengan. Como por ejemplo, los datos de composición deben ser menor a 1, y deben tener relación con el proceso, ya que si la composición de entrada del líquido es mayor a la del gas, estaríamos en el proceso contrario a la absorción como lo es la desorción.

II.3.3. Absorción de Gases (Columna de Platos)

Como en el caso anterior, se realizó un código en VISUAL BASIC 6.0, para permitir al usuario, obtener resultados referidos al problema de diseño de Columnas de Platos. A continuación se muestran los formularios correspondientes a éste propósito:

The screenshot shows a data entry form for a gas absorption column design application. The form is titled "Ayuda" and contains several sections for inputting data:

- INFORMACIÓN DEL GAS:**
 - Nombre del Gas: Butane (selected from a dropdown)
 - Flujo Volumétrico: 0.0488 m³/s
 - Composición de Entrada (y_{in+1}): 0.02 Comp. Molar
 - Composición Requerida a la salida (y_1): 0.001 Comp. Molar
- INFORMACIÓN DEL LIQUIDO:**
 - Nombre del Líquido: Water (selected from a dropdown)
 - Composición de Entrada (x_0): 0 Comp. Molar
- GENERALIDADES DEL SISTEMA:**
 - Temperatura: 293.15 K
 - Presión: 101325 Pa
- CARACTERÍSTICAS DEL PLATO:**
 - Longitud del Derramadero como función (%) del Diámetro: 0.70°D
 - Material del Orificio: Acero Inoxidable

On the right side of the form, there is a diagram of a gas absorption column. The diagram shows a vertical column with a gas inlet at the top labeled G_{in+1} and a liquid inlet on the side labeled L_{in} . The column is divided into several stages, and the gas outlet at the bottom is labeled G_{out} . The liquid outlet at the bottom is labeled W_{out} .

Figura No. 13: Formulario de Captura de Datos – Columna de Platos

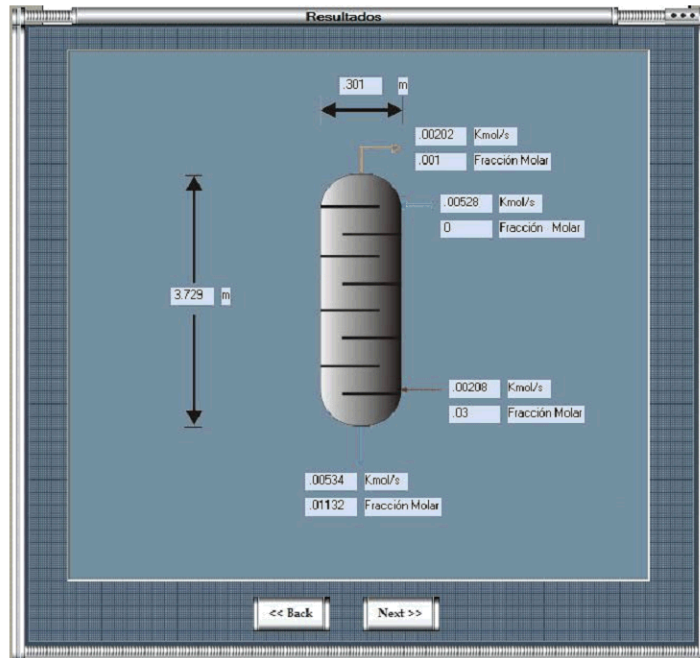


Figura No. 14: Formulario de Resultados (General)

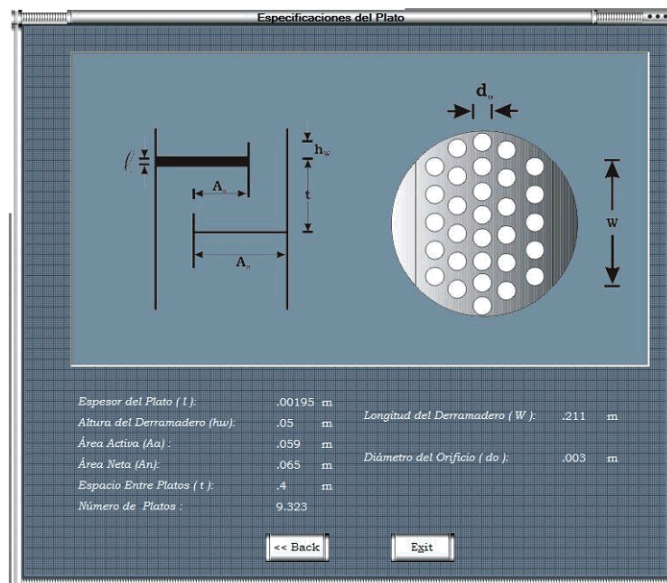


Figura No. 15: Formulario de Resultados (Platos)

II.3.4. Destilación Binaria

Seguidamente se ilustran los formularios obtenidos para el Método de McCabe-Thiele, en el cual es necesario ingresar los datos correspondientes a la separación deseada. En él se deben estipular las sustancias y condiciones para el diseño de la operación:

Calculo de Una Columna de Destilación : McCabe - Thiele

Ayuda

CONDICIONES DEL ALIMENTO

Flujo: 150 Kg/h

Temperatura: 300.15 K

Sustancias Presentes

Componente Clave: Acetone Composición: 0.0945 Resc

Otra Sustancia: Water

CONDICIONES DEL DESTILADO

Composición: 0.995 Peso

CONDICIONES DEL RESIDUO

Composición: 0.00051 Peso

CONDICIONES GENERALES

Presión: 101325 Pa

Relación de Reflujo (R/Rmin): 1.8

Generalidades del Plato (Perforado)

Long. del Derramadero como (% Diámetro): 0.700

Material del Orificio: Acero inoxidable

Cal Egl

Figura No. 16: Método de McCabe-thiele

Y las correspondientes ilustraciones de los formularios de salida de resultados son los siguientes:

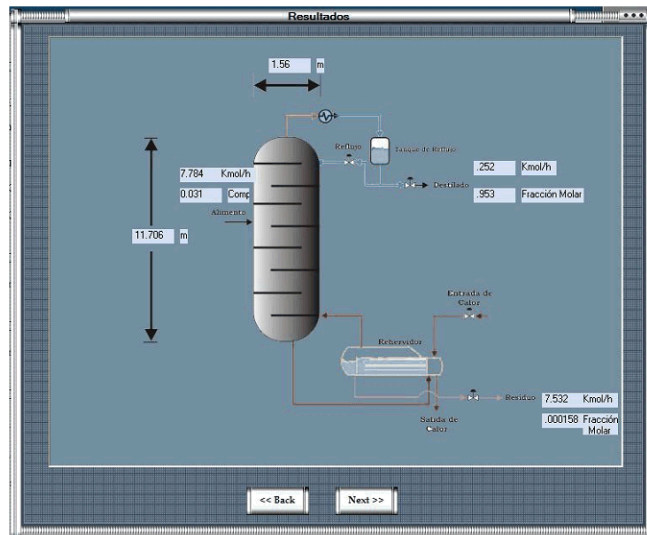


Figura No. 17: Formulario de Resultados (General)

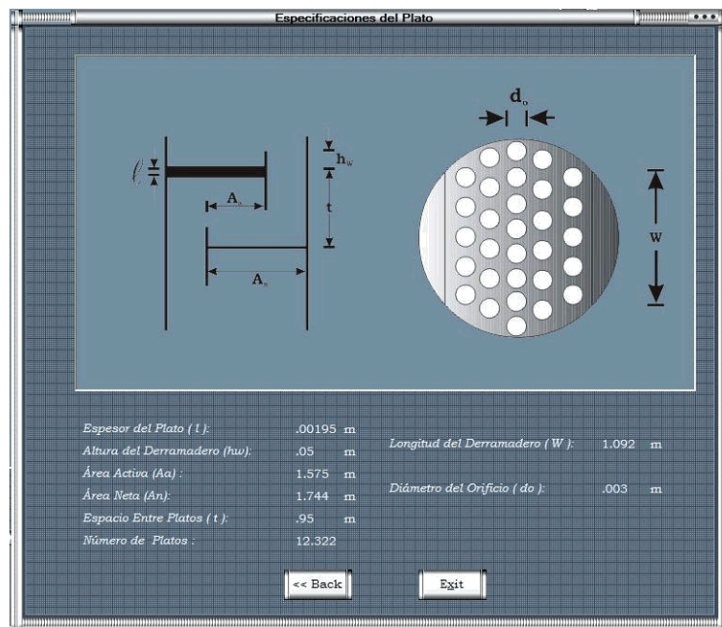


Figura No. 18: Formulario de Resultados (Platos)

II.4. Opciones Especiales

Dentro de las opciones especiales encontramos, la búsqueda de palabras clave, en donde es posible buscar cualquier palabra dentro de la temática de ACMTas; una vez iniciada la búsqueda se muestra una página de resultados, en donde se visualiza el enlace apropiado de cada resultado, al igual que un pequeño texto contenido en la página en cuestión:



Figura No. 19: Ventana de Resultados de Búsqueda