

UNA METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMAS TUTORIALES HIPERMEDIALES

Demetrio Arturo OVALLE CARRANZA

José Javier PADILLA TORRALVO

UN-GIDIA (Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial,
Reconocimiento de Patrones e Informática Educativa)

Postgrado en Ingeniería de Sistemas

Facultad de Minas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - Sede Medellín

e-mail: dovalle@perseus.unalmed.edu.co, jjpadill@perseus.unalmed.edu.co

RESUMEN

Este artículo propone una metodología específica para el diseño y desarrollo de software educativo para la Educación Superior, utilizando recursos hipermediales. La metodología propuesta se fundamenta en la Ingeniería del Software Educativo, pero, se enriquece y especializa al utilizar arquitecturas novedosas tales como las de los STI (Sistemas Tutoriales Inteligentes) e incorporando la noción de micromundos. La arquitectura de los STI ofrece robustez organizacional y formalidad conceptual tanto para estructurar el dominio de la aplicación como el conocimiento pedagógico/didáctico del software educativo. Finalmente, la metodología es validada con el desarrollo del sistema educativo hipermedial STH - PM (Sistema Tutorial Hipermedial para la Enseñanza-Aprendizaje de los Procesos de Manufactura Industrial) de apoyo al curso de Procesos de Manufactura, en la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Palabras Clave: Informática Educativa, Ingeniería de Software, Sistemas Hipermediales, Sistemas Tutoriales Inteligentes.

INTRODUCCIÓN

Los Materiales Educativos Computarizados (MEC's) han ganado terreno como ambientes para promover el aprendizaje en áreas donde los demás recursos y medios no muestran efectividad, siempre y cuando estén ligados a cambios cualitativos en la relación profesor/alumno [1]. Pero su utilización a nivel de Educación Superior está limitada, debido de una parte, a la escasa producción de software educativo que responda a las exigencias de esta población, y de otra, a la poca utilización de nuevas tecnologías informáticas en los procesos de construcción del software.

En efecto, con la utilización de tecnologías como la multimedia e hipermedia, los MEC's cambian, ofreciendo nuevas formas de lograr el aprendizaje por parte de los estudiantes. Pero aún la hipermedia y los Sistemas Tutoriales Hipermediales se quedan cortos si se pretende su utilización a gran escala, debido a la falta de metodologías que guíen los procesos de construcción del software. Este artículo tiene por objeto plantear una metodología específica para

el diseño y desarrollo de software educativo utilizando recursos hipermediales, aplicada a la Educación Superior. La metodología es validada con el desarrollo del sistema educativo hipermedial STH - PM (Sistema Tutorial Hipermedial para la Enseñanza-Aprendizaje de los Procesos de Manufactura Industrial).

La metodología propuesta se fundamentó, desde su inicio, en la dada por la Ingeniería del Software Educativo [2][13] pero, se enriqueció y especializó, utilizando arquitecturas novedosas tales como las de los STI (Sistemas Tutoriales Inteligentes) e incorporando el manejo hipermedial.

En la búsqueda de una aplicación final bastante interactiva se decidió incluir la potencia pedagógica/didáctica de los multimedios. Autores como Douglas Wolfgram [3], Tay Vaughan [4], Jeff Burger [5] Mark Bunzel y Sandra Morris [6] proponen metodologías que utilizan el concepto creativo multimedial para sugerir formas de transmisión del mensaje en una presentación multimedial, a una población objetivo. Sin embargo, los materiales actuales necesitan del poder de la multimedia interactiva, de la *hipermedia* para lograr ambientes exploratorios e interactivos que faciliten el autoaprendizaje por parte del alumno [7].

Pero aún así, a nuestra metodología le hacía falta robustez organizacional, formalidad conceptual tanto para estructurar el dominio de la aplicación como el conocimiento pedagógico/didáctico del software educativo. Es por lo anterior, que decidimos adoptar la arquitectura modular de los STI [8], pero sin incluir la componente *inferencial*, e integrando los aspectos hipermediales propios de la aplicación. Diversos sistemas ya han sido desarrollados utilizando el enfoque de los STI, así: El Sistema STI - TGS (Colombia) [10], El Sistema STI - Agrícola (Colombia) [9] o el Sistema INTZA (España) [8],

En cuanto a propuestas de diseño de STI podemos citar las siguientes: Arruarte y Fernández [8] proponen una metodología bastante robusta en cuanto a cómo se debe planificar, conceptualizar un módulo pedagógico usando planes instruccionales. Berta Solórzano [11] y V. Ocampo [10] ofrecen excelentes puntos de vista para modelar el estudiante en un tutorial inteligente. Para el manejo del dominio de la aplicación algunos coinciden en el uso de *micromundos*, por tratarse de un ambiente de trabajo reducido [13], [10] y [12] facilitando la discretización del conocimiento [14], en *nodos de información*.

METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE EDUCATIVO HIPERMEDIAL

Nuestra metodología está dada por las siguientes 5 etapas, las cuales están compuestas a su vez por fases:

- **Etapla 1: Análisis y estudio de factibilidad del proyecto de software educativo hipermedial.**

Fase 1: Problemática educativa actual de la población objetivo; Fase 2: Definición del proyecto de informática educativa; Fase 3: Estructuración global del dominio de la aplicación; Fase 4: Ambiente de desarrollo y funcionalidad esperada de un tutor hipermedial.

- **Etapa 2: Diseño de software educativo hipermedial.**

Fase 1: Diseño y esquematización pedagógica de la aplicación; Fase 2: Diseño y estructuración detallada del dominio de la aplicación; Fase 3: Diseño arquitectónico del sistema tutorial hipermedia y Fase 4: Producción multimedial de la aplicación.

- **Etapa 3: Desarrollo de software educativo hipermedial.**
- **Etapa 4: Validación del sistema tutorial hipermedia.**
- **Etapa 5: Distribución del sistema tutorial hipermedia.**

Esta metodología fue validada con la construcción del sistema STH - PM, el cual se describe en detalle en la sección siguiente. De esta forma, cada una de las fases que componen las etapas serán tratadas con mayor profundidad e ilustradas mediante el diseño y desarrollo del sistema.

El Sistema STH - PM

Los componentes de la arquitectura del STH - PM, Sistema Tutorial Hipermedial - para la E/A de Procesos de Manufactura, son los de un Sistema Tutorial Inteligente [9], sin incluir la componente inferencial, propia de estos sistemas. La arquitectura del STH - PM contiene entonces: el modelo del estudiante (ajustado a un modelo explícito/canónico [10]), el dominio de la aplicación (organizado en micromundos), el módulo pedagógico (planes instruccionales y dos enfoques E/A), el módulo de evaluación y la interfaz gráfica interactiva usuario/sistema.

El proyecto STH - PM, surgió de la necesidad de la carrera de Ingeniería Industrial de utilizar tecnologías informáticas avanzadas para apoyar los procesos de E/A de las asignaturas, más específicamente se decidió utilizar el curso de Procesos de Manufactura, debido a que los procesos que se tratan allí, se desarrollan en ambientes exploratorios como laboratorios, empresas, etc., en recintos en los cuales, muchas veces, se presentan riesgos laborales y/o restricciones de acceso¹. y en los cuales se pueden fácilmente generar multimedios (videos, animaciones, grabaciones, fotografías, etc), indispensables para la producción del software. Adicionalmente, se quería beneficiar de la experiencia adquirida por el Postgrado en Ingeniería de Sistemas, de la Sede, durante los últimos tres años, en el área de la Informática Educativa aplicada a la Educación Superior.

ETAPA 1. ANÁLISIS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO DE SOFTWARE EDUCATIVO HIPERMEDIAL.

Fase 1. Problemática educativa actual de la población objetivo.

Al momento de evaluar las diferentes necesidades educativas de la población objetivo se tuvieron en cuenta: las necesidades sentidas, futuras y demandadas² de los estudiantes de sexto semestre en adelante, quienes son conscientes de las deficiencias que presenta a nivel motivacional e

¹ Como se puede observar, ésta es una situación que se puede presentar en muchos otros programas curriculares, pero de pronto, no ha habido forma de resolverlo exitosamente (recursos, disposición, etc.).

² Estas definiciones de necesidades sentidas, necesidades futuras y necesidades demandas son tomadas del libro Ingeniería de Software Educativo del Profesor e Investigador Alvaro Galvis P.

interactivo actualmente dicha asignatura. Con el advenimiento de nuevas tecnologías informáticas y educativas, se hace necesario el diseño y desarrollo de nuevas metodologías que aportan al mejoramiento de los procesos de E/A.

La falta de laboratorios, la escasez de recursos audiovisuales y las situaciones motivantes/experienciales aportan también al problema. Algunas expectativas que se tenían y que dieron pie al desarrollo del proyecto, son las siguientes:

- Apoyar los procesos de E/A actuales de la asignatura en cuestión.
- Explorar las nuevas tendencias del área de la informática educativa para aplicarlas en el proyecto.
- Proponer una metodología de diseño y desarrollo de software educativo hipermedial.
- Desarrollar un prototipo instruccional que valide dicha metodología.
- Suministrar recursos personalizados al estudiante a través del software desarrollado para posibilitar el aprendizaje al ritmo de trabajo impuesto por el aprendiz, suministrándole ayudas audiovisuales e interactivas computarizadas.
- Suministrar recursos pedagógico-didácticos novedosos de E/A al profesor.
- Utilizar y aplicar recursos tecnológicos avanzados a la educación, con miras a preparar los nuevos esquemas educativos en el tercer milenio.

Por las razones expuestas anteriormente y debido a que se contaba con la infraestructura de hardware y software disponible del Postgrado en Ingeniería de Sistemas, para la realización del sistema tutorial, se considera el proyecto VIABLE en su primera fase de la etapa de análisis.

Fase 2. Definición del proyecto de informática educativa.

Al resultar el proyecto viable en la fase anterior se procede a la definición del proyecto enmarcado dentro de la problemática planteada y dentro de las técnicas y tecnologías informáticas disponibles que sirvan de soporte en el área de la educación. Definimos el **PROYECTO STH - PM (Sistema Tutorial Hipermedia - Procesos de Manufactura)**, como el diseño y desarrollo de un prototipo de software educativo hipermedial, que apoya los procesos de E/A del curso de Procesos de Manufactura del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. La aplicación debe contener los dos enfoques principales de E/A: **algorítmico y heurístico**.

Del STH - PM se busca que contemple los tópicos principales de la asignatura, usando medios escritos y audiovisuales de forma interactiva con el usuario, usando una interfaz gráfica usuario/sistema y sustentado con parámetros pedagógico - didácticos validados, para poder llegar mejor al estudiante. Se piensa que el sistema debe poseer un mecanismo de **retroalimentación** para mejorar el aprendizaje del estudiante a través de un **módulo de evaluación** ya sea de tipo formativo, sumativo y/o de diagnóstico.

Adicionalmente, el sistema debe ser validado por los estudiantes matriculados en el curso y algunos profesores. Finalmente, el software en su versión final debe entregarse en formato de **CD - ROM** para que facilite la portabilidad y difusión de la aplicación entre la población objetivo.

Fase 3. Estructuración global del dominio de la aplicación.

El dominio del STH - PM se organizaría mediante Micromundos, los que a su vez estarían conformados por módulos principales y estos finalmente en *nodos de información* [14]. Los nodos se modelan como unidades de información, las cuales utilizan los diferentes medios como texto, imágenes, sonido, video y animaciones para autocontenerse. Lo anterior significa que un nodo puede estar conformado por uno o más medios, lo importante es que sea en sí misma una unidad básica comprensible totalmente, sin que haya necesidad de otra para sustentarla.

El dominio del STH - PM lo conformarían entonces seis micromundos: **Introducción, Metales, Fundición, Maquinado, Autómatas y Apoyo**, siendo los tópicos esenciales del programa de la asignatura: Procesos de Manufactura.

Cuando se tiene una estructuración aproximada del dominio de la aplicación, se realizan *prediseños* de interfaz gráfica usuario/sistema que apliquen adecuadamente la forma pedagógico/didáctica pensada, de transmisión de la información al estudiante.

Fase 4. Ambiente de desarrollo y funcionalidad esperada de un tutor hipermedial.

La aplicación STH - PM se desarrollará para PC's en ambiente Windows usando las siguientes herramientas disponibles apropiadas:

Hardware: 2 máquinas Pentium de 90 y 100 Mhz, 1 máquina 486 DX4 de 100 Mhz (1G de DD, 64M en RAM, monitor SVGA a 65536 colores), scanner, videocámara, tarjeta digitalizadora de video, tarjeta digitalizadora de sonido, CD-Write

Software: Asymetrix Multimedia Toolbook 3.0, procesadores de imágenes (Photo Styler, L-view, etc), de texto, de sonido y de video.

Se utilizarían máquinas Pentium y 486 buscando evaluar el desempeño de la aplicación a diferentes velocidades de procesador en las pruebas durante la validación. La configuración estimada para el usuario final es la misma o superior a cualquiera de las máquinas de desarrollo.

Para finalizar la etapa de Análisis, se planifican a futuro las posibles *pruebas de validación* a las que sería sometida el sistema tanto a nivel funcional como educacional, evaluando si cumple o no los objetivos de aprendizaje por parte del estudiante. Para el proyecto se planifica una validación a nivel *técnico* por parte del grupo de trabajo y a nivel *educacional* por parte de un grupo de estudiantes del curso de Procesos de Manufactura. La experimentación se realizaría en el Aula Inteligente de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, aprovechando su potencial para probar este tipo de materiales computarizados.

ETAPA 2. DISEÑO DE SOFTWARE EDUCATIVO HIPERMEDIA

Esta etapa tiene en cuenta el diseño desde cuatro ángulos fundamentales: El Diseño y Esquematización pedagógica de la aplicación (fase 1), el Diseño y Estructuración detallada del dominio de la aplicación (fase 2), el Diseño arquitectónico del sistema tutorial hipermedia

tomando como base la arquitectura de un sistema tutorial inteligente (fase 3) y finalmente el Diseño creativo y producción multimedial de la aplicación (fase 4).

Fase 1. Diseño y esquematización pedagógica de la aplicación.

Escogidos los enfoques de E/A y teniendo claro su carácter y alcance, se determina cómo se han de utilizar éstos dentro del sistema tutorial..

Para el módulo que emplea un enfoque **enfoque algorítmico** de E/A (denominado APRENDIENDO) la navegación será controlada por el sistema y el tiempo por el estudiante. La navegación es secuencial en cada micromundo con elementos interactivos y la posibilidad de observar explicativos (*popups*), video, etc. Se definen *unidades de estudio* (discretización del micromundo) divididas en *sesiones de trabajo*, cada una de las cuales contiene un *plan instruccional* predefinido. Al finalizar cada unidad, el estudiante realizará (si lo desea) una *evaluación* la cual si es aprobada, le permitirá pasar a la unidad siguiente.

Los planes instruccionales se esbozan en papel definiendo:Objetivos Instruccionales (OIs) ó habilidades y capacidades cognitivas a lograr en el alumno. Estrategias Instruccionales (EIs) o actividades que se aplican al alumno para que logre los objetivos. Por último el plan instruccional consta de los objetivos del tutor (OTs) o acciones que debe realizar el tutor para llevar a cabo las estrategias [8].

El módulo que emplea un enfoque **heurístico** (denominado DESCUBRIENDO) de E/A, ofrece la posibilidad de explorar los micromundos a través de una gran cantidad de vínculos entre nodos, sistemas de búsqueda, menús desplegable y cajas de diálogo bajo el esquema de navegación no lineal. Para este módulo, se desarrollará un sistema de evaluación formativa consistente en formular preguntas sencillas en puntos predefinidos del micromundo, con el fin de solicitar del estudiante atención en lo que estudia [14].

El **módulo evaluativo** (denominado EVALUANDO) contendría los tres tipos de evaluación: sumativa, formativa y de diagnóstico.

Fase 2. Diseño y estructuración detallada del dominio de la aplicación.

El dominio del STH - PM es declarativo, ya que incluye los conceptos del dominio y sus relaciones y procedimental, pues incluye los heurísticos de razonamiento y las acciones aplicadas mediante operaciones. El dominio de la aplicación se subdivide en micromundos, los cuales están compuestos a su vez por otros.

Los micromundos que conforman el STH - PM son los siguientes:

- **Introducción**, el cual contempla todos los fundamentos de los procesos de manufactura.
- **Metales**, suministra los fundamentos teóricos básicos relacionados con la conformación de los metales y propiedades. Los metales ferrosos y no ferrosos, sus características principales. Este micromundo finaliza con los diferentes tipos de estructura que se pueden presentar en los metales.

- **Fundición**, ilustra el mundo de los procesos de fusión y conformación en estado líquido de metales.
- **Maquinado**, que corresponde al proceso de conformación de materiales por desprendimiento de viruta, convirtiéndolo en uno de los más importantes dentro del compendio de los procesos de manufactura.
- **Autómatas**, se define así porque contempla todos los conceptos modernos donde se involucran los procesos de manufactura. Técnicamente se define como *Automatización* y contiene la descripción de algunas técnicas avanzadas de fabricación (en la actualidad, asistidas por la aplicación de tecnologías informáticas), la automatización y la integración del proceso productivo.
- **Apoyo**, contiene todo lo concerniente a los tópicos que complementan el estudio de los procesos de manufactura: Esencialmente, la Ingeniería de Producción y el Control de Calidad de apoyo a los procesos de manufactura.

Todos los micromundos mencionados anteriormente se interrelacionan, los conceptos se comparten evitando duplicidad al interior de la aplicación.

Fase 3. Diseño arquitectónico del sistema tutorial hipermedia tomando como base la arquitectura de un sistema tutorial inteligente

A continuación se describe el diseño de cada módulo de la arquitectura (ver figura 1):

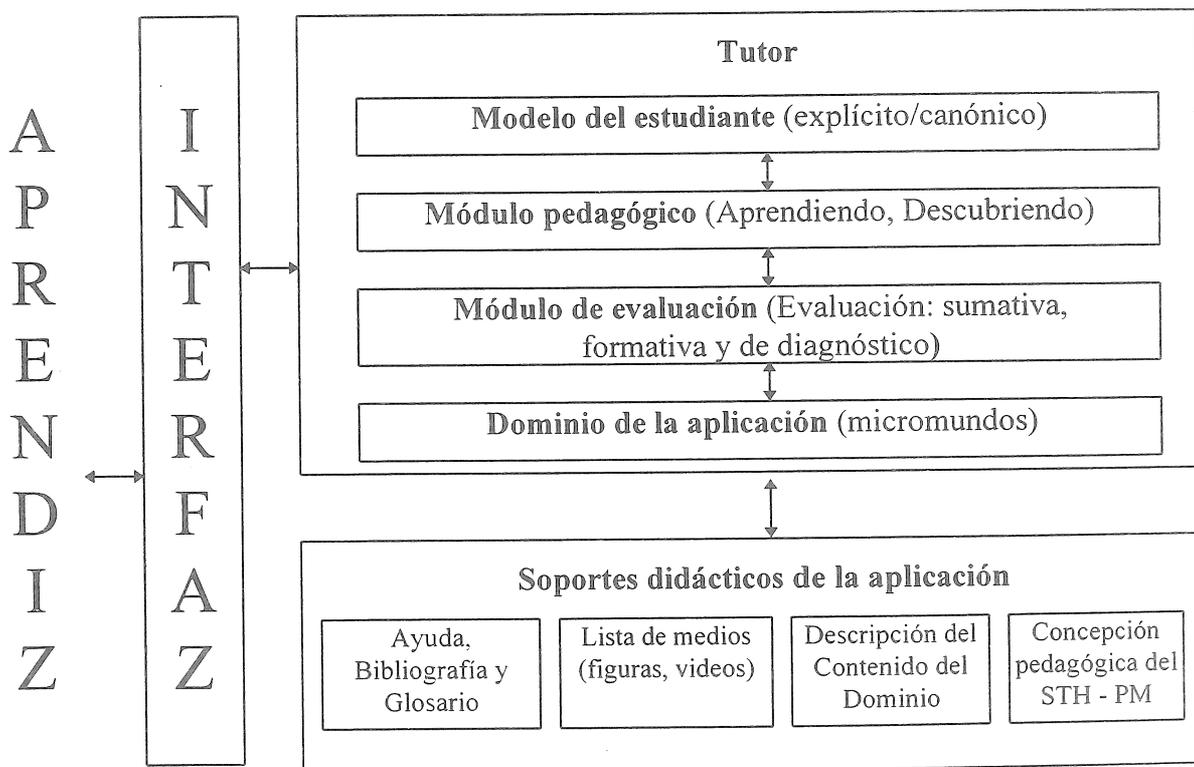


Figura 1. Arquitectura del Sistema STH-PM. En el tutor, todos los módulos en él contenidos, interactúan entre sí.

Modelo del estudiante en el STH - PM

El modelo del estudiante en el STH - PM, se fundamenta en un modelo explícito y canónico³, por ésto, no está diseñado para tener en cuenta al estudiante en sus diferencias individuales. Éste se modela tomando como base un estudiante "tipo" o individuo representativo de la población objetivo, teniendo en cuenta características académicas o de estudio, como por ejemplo, las siguientes:

- El manejo por parte de los estudiantes de un alto nivel de abstracción, análisis y observación dado por las asignaturas del ciclo básico, es importante para el manejo de sistemas computarizados intuitivos y exploratorios.
- El estudiante en este nivel conoce los fundamentos de la Ingeniería Industrial y cómo se aplican, por lo que le sería familiar el dominio a tratar.
- El estudiante es exigente en cuanto a conocimiento se refiere, con una capacidad alta de adquisición de información y de conocimientos.
- El estudiante disfruta los ambientes exploratorios como laboratorios y prácticas de campo. Pero en su mayoría les da dificultad desprenderse de la tutela del profesor al momento de respaldarse teóricamente, comportamiento posiblemente dado por la educación magistral a la cual hemos sido sometidos desde muy temprana edad. Esto al parecer tiende a cambiar con algunas reformas curriculares planteadas.
- Las experiencias vivenciales o pseudovivenciales, por ser interactivas, son retenidas con mayor facilidad en cuanto a cantidad y calidad, que aquellos teóricos y declarativos. Dicha característica es bien aprovechada usando el computador como herramienta que apoye el proceso E/A ya que permite recrear situaciones que el estudiante vivió o puede vivir.
- El estudiante es crítico, incisivo, no traga entero, claro está, si lo que está estudiando lo motiva. En caso contrario se torna pasivo, condescendiente, poco participante.

Módulo pedagógico del STH -PM

En el STH - PM, es el módulo que diseña, aplica, evalúa el proceso de E/A. Éste, es precisamente, el que organiza el conocimiento de acuerdo a criterios educativos preestablecidos y validados, buscando el orden y la manera óptima de lograr el aprendizaje por parte del estudiante [14].

Como se mencionó anteriormente consta de los módulos: Aprendiendo, Descubriendo y Evaluando, módulos de E/A y retroalimentación.

Comparando los dos enfoques, obtenemos como características principales:

- El módulo **Aprendiendo**, dentro de su interfaz usuario/sistema, debe contener más información gráfica apoyada teóricamente por texto, ésto debido a que el sistema de navegación utilizado es lineal y con poco nivel de exploración. Se necesita entonces, reforzarlo

³ Clasificación dada por Rich en [15]. El modelo canónico del estudiante caracteriza un estudiante abstracto o típico. El modelo explícito se basa en la información suministrada por el estudiante para describirse así mismo.

con elementos didácticos como tablas, diagramas, etc. Su propósito es ilustrar al estudiante novato con los conceptos básicos fundamentales de la asignatura.

- El módulo **Descubriendo** en su interfaz se apoya en la información desplegada utilizando texto, apoyándose en medios gráficos y audiovisuales, esto por ser un sistema donde se hace necesario hiperenlaces entre nodos, a través de vínculos de texto. Su nivel de exploración (acceso no lineal a la información) es alto siendo altamente interactivo con el usuario. Se destina al estudiante que conoce ciertos conceptos básicos fundamentales y que busca una información particular, ó, para estudiantes que desean explorar y navegar en el dominio de la aplicación haciendo uso de todos los recursos disponibles del sistema (es más de soporte para el autoaprendizaje).

Por lo anterior, se puede concluir que ambos enfoques resultan educativamente complementarios, en el tutorial.

Dominio del STH - PM y su estructuración

Es fundamental el aspecto de la representación y articulación del conocimiento. Por ello, el STH - PM no puede salirse de esta premisa. Para ello, al sistema primero que todo se le analiza su factibilidad de representación del dominio en un material computarizado.

Antes se mencionó, que el dominio se subdividiría en micromundos, estos micromundos en módulos y finalmente estos en nodos de información conformados por diversos tipos de medios estableciendo una unidad conceptualmente completa.

Fase 4. Diseño creativo y producción multimedial de la aplicación.

Su objetivo es realizar el **diseño gráfico de la interfaz** así como determinar la forma de utilizar los medios para apoyar la presentación de los conocimientos implicados en el dominio. Adicionalmente, se encarga del manejo de recursos (libretos, hojas de producción, similares al montaje de guiones de películas, etc) para planear una secuencia lógica dentro del hiperdocumento. Lo anterior, teniendo en cuenta los parámetros de diseño determinados por el módulo pedagógico.

Una vez se tienen: El diseño de la interfaz definido, los planes instruccionales, el diseño completo del dominio, los requerimientos de medios y la arquitectura de la aplicación, se **procede a la captura y digitalización de medios** (sonidos, imágenes, videos, etc).

Dentro del concepto creativo de la aplicación STH - PM, los módulos: Aprendiendo, Descubriendo y Evaluando, se diferencian claramente en la disposición de los elementos visuales sobre la pantalla.

Para los dos enfoques los **micromundos** se identifican y diferencian, esencialmente en el sistema por medio de los siguientes parámetros: Los títulos, los colores, que se ubican en las líneas de título, las siluetas, ubicadas en el fondo gráfico (todas en escala de grises no superior al 20% de saturación) y las imágenes de presentación del micromundo. Todos manejarían la misma distribución de pantalla dándole consistencia a la interfaz.

La generación de ambientes de trabajo que afecten positivamente al estudiante: interfaz intuitiva, consistente, interacción adecuada de medios en la aplicación, hace de esta fase, un paso neurálgico dentro del proyecto de construcción del software educativo hipermedial.

ETAPA 3. DESARROLLO DE SOFTWARE EDUCATIVO HIPERMEDIAL

En esta etapa, se implementa lo planificado y diseñado en la etapa anterior.

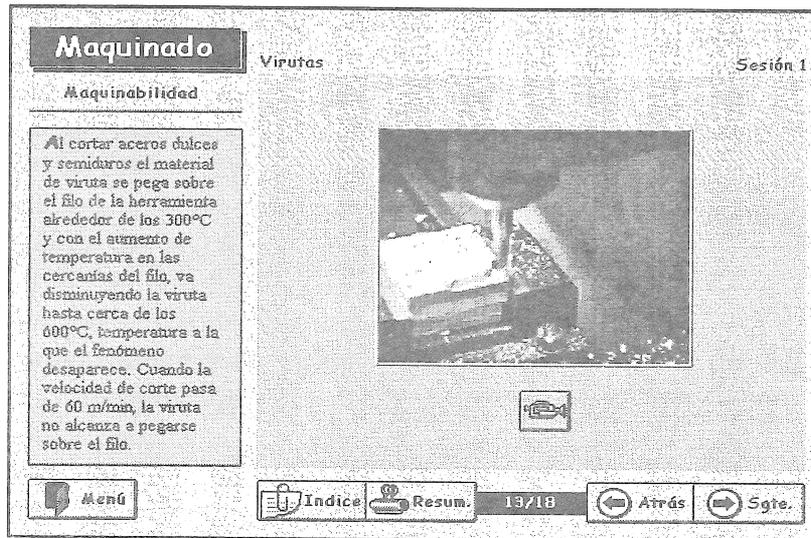


Figura 2. Nodo 13 del Módulo algorítmico denominado Aprendiendo. Micromundo de Maquinado. El texto, a la izquierda, soporta el medio audiovisual que se está desplegando a la derecha de la pantalla

Esta etapa se inicia tomando los diseños de interfaz usuario/sistema (ver fig. 2) e implementándolos en el sistema autor para desarrollo hipermedial escogido (en nuestro caso: Toolbook vs.3.0), generando los pantallazos estáticos principales, es decir, lo que va aparecer al usuario cuando vea la aplicación, luego implementando los sistemas de navegación de la aplicación, seguidamente, implementando el dominio de acuerdo al diseño generado y a los planes instruccionales provenientes de la etapa anterior: Primero, se organiza el texto de la aplicación, luego se insertan las imágenes y seguidamente, los videos y sonidos.

Finalmente, dentro de esta etapa se debe documentar los recursos utilizados por el sistema, así: la organización de directorios de la aplicación, la nomenclatura de archivos de acuerdo a un identificador diseñado por el equipo, el código fuente, la estructura de datos, etc. Se plantean hojas de producción para hacerle el seguimiento del desarrollo a la aplicación.

ETAPA 4. VALIDACIÓN DEL SOFTWARE EDUCATIVO HIPERMEDIAL

Las pruebas del software se dieron en tres niveles: técnicos, didácticos y de contenido.

- **Técnicos:** La aplicación superó las expectativas, se hallaron problemas de funcionamiento pero que son corregibles sin mayor complejidad. Actualmente la aplicación puede ejecutarse indistintamente desde el **CD - ROM** o desde un disco duro.
- **Didácticos:** Los evaluadores consideran acertados los recursos didácticos pues se integran en el sistema **STH-PM**, como se mencionó en la etapa anterior, variedad de elementos dinámicos, de interacción, de exploración, amplio despliegue de medios como videos e imágenes desde los micromundos, ó, a través de catálogos.
- **Contenido:** El contenido fue validado y aprobado por el profesor responsable de la asignatura, por estudiantes y otros participantes conocedores del tema.

Se utilizó el formato de prueba uno a uno [13] con una muestra de siete estudiantes del curso de Procesos de Manufactura.

ETAPA 5. DISTRIBUCIÓN DEL SOFTWARE EDUCATIVO HIPERMEDIAL

Esta es la etapa final del proyecto. Luego de los ajustes finales a la aplicación se procedió a su montaje en **CD - ROM**. La diferencia de desempeño entre el **CD** y el Disco Duro es sutil, presentando ligera demora en el despliegue de videos al ejecutarlos desde el **CD** (las pruebas de **CD** se han hecho con unidades de 4 velocidades).

La etapa de distribución es una etapa importante para que el producto llegue apropiadamente al público objetivo para el cual fue desarrollado.

Finalmente, se puede decir que el sistema **STH- PM** se considera **ADECUADO**, por haber, a criterio de los realizadores, evaluadores y asesores, cumplido con los objetivos trazados además de superar las expectativas inicialmente planteadas, tanto en contenido y calidad, como en el desempeño y funcionalidad.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La metodología que se propone en este artículo tiene como características principales las siguientes:

- Realiza una simbiosis de metodologías complementarias de diseño y desarrollo de software educativo y de materiales hipermediales, generando una metodología para diseño y desarrollo de software educativo hipermedial aplicable a la Educación Superior. El aspecto hipermedial, es esencial puesto que cambia el concepto de simple enciclopedia multimedial, al de material educativamente bien conformado.
- Utiliza el diseño arquitectónico de los **STI** y todo lo que ello implica a nivel de: modelo del estudiante (estudiante canónico/explicito) [10], teniendo también en cuenta su aspecto social y psicológico [11]), módulo pedagógico (planes instruccionales [8], enfoques algorítmico y heurístico en paralelo [14]), organización del dominio (micromundos [10]) y la interfaz usuario/sistema (interfaz gráfica interactiva). Cabe señalar que la arquitectura de los **STI** ofrece robustez organizacional y formalidad conceptual tanto para estructurar el dominio de la aplicación como el conocimiento pedagógico/didáctico del software educativo.

- Dentro de la metodología hay que tener especial atención con la producción y distribución de la aplicación en medio óptico, buscando así facilidad de utilización por parte del usuario final y la fácil portabilidad del mismo, para una ágil y adecuada divulgación del software educativo.

REFERENCIAS

- 1 GALVIS PANQUEVA, Alvaro. Editorial Informática Educativa. Volumen 4, No. 3. Santa Fe de Bogotá, Diciembre de 1991.
- 2 FAIRLEY, Richard. Ingeniería del Software. Edit. McGraw-Hill. España, 1995.
- 3 WOLFGRAM, Douglas. Creating Multimedia Presentations. Edit QUE. 1994
- 4 VAUGHAN, Tay. Todo el Poder de la Multimedia. Edir. McGraw-Hill. 1994
- 5 BURGER, Jeff. La Biblia de la Multimedia. Edit. Adisson-Wesley, 1994.
- 6 BUNZEL, Mark. MORRIS, Sandra. Multimedia Applications Development. Edit. McGraw Hill, 1994.
- 7 MONTILVA, Jonás. Aplicando Modelos de Procesos de Software al Desarrollo de Aplicaciones Hipermedia. XXII Conferencia Latinoamericana de Informática. 1995
- 8 ARRUARTE, Ana. FERNÁNDEZ, Isabel. Tratamiento del Dominio en Herramientas de Ayuda a la Construcción de Sistemas Tutoriales Inteligentes. Una Propuesta de Diseño. Universidad del País Vasco, San Sebastián - España. 1994
- 9 OVALLE, Demetrio A., LÓPEZ, Jorge A., OSORIO, Rubén D. Diseño y Desarrollo de Sistemas Tutoriales Inteligentes para la Enseñanza/Aprendizaje de Procesos Industriales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 1997
- 10 OCAMPO V., Pedro H., ALVAREZ S., Nelson. Sistema Prototipo Tutor Experto para la Docencia de los Principios Generales de la Teoría General de Sistemas. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá. 1993
- 11 SOLÓRZANO, Berta. Modelo del Estudiante en un Sistema Tutorial Inteligente Multimedia. Tesis de Maestría. Postgrado en Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 1993.
- 12 SOLÓRZANO, Berta., ZEA, Claudia M. Hipermedios y Multimedios Hacia su Aprovechamiento en Educación. Informática Educativa. Volumen 4, No. 3. Santa Fe de Bogotá, Diciembre de 1991.
- 13 GALVIS Panqueva, Alvaro. Ingeniería de Software Educativo. Ediciones Uniandes. Colombia, 1994
- 14 NARANJO GALLEGO, Mónica P. PADILLA TORRALVO, José J. SALAZAR LÓPEZ, Antonio J. Sistema Tutorial Hipermedia de apoyo al Proceso Enseñanza/Aprendizaje del Curso de Procesos de Manufactura. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 1997.
- 15 CENDALES PRIETO, Hugo. FAJARDO GRIMALDOS, Germán. Tutor para la Enseñanza de Conceptos Fundamentales de Ecología para Estudiantes de Ingeniería Basado en Multimedios. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. 1995.

Demetrio Arturo OVALLE CARRANZA

Profesor en Dedicación Exclusiva de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (UNALMED). Ph.D. en Informática (Université Joseph Fourier, Francia, 1991). Coordinador del Grupo de Investigación UN-GIDIA (Grupo de I+D en Inteligencia Artificial, Reconocimiento de Patrones e Informática Educativa). Investigador Principal del Proyecto de Colciencias titulado: Diseño y Desarrollo de Sistemas Basados en Conocimientos Aplicados a la Ingeniería. Actualmente, Director del Postgrado en Ingeniería de Sistemas de UNALMED. e-mail: dovalle@perseus.unalmed.edu.co

José Javier PADILLA TORRALVO

Estudiante de último semestre de Ingeniería Industrial de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Contratista del Postgrado en Ingeniería de Sistemas en el Área de Informática Educativa. Miembro del Grupo de Investigación UN-GIDIA. Uno de los autores de Tesis de Pregrado titulada: Sistema Tutorial Hipermedia de apoyo a los procesos de Enseñanza/Aprendizaje del curso de Procesos de Manufactura. e-mail: jjpadill@perseus.unalmed.edu.co