

SISTEMAS EXPERTOS QUE RECOMIENDAN ESTRATEGIAS DE INSTRUCCIÓN. UN MODELO PARA SU DESARROLLO

ENRIQUE ARIEL SIERRA, ALEJANDRO HOSSIAN Y RAMÓN GARCIA-MARTÍNEZ

Universidad Nacional de Comahue

Departamento Electrotecnia
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional del Comahue
Buenos Aires 1400
(8300) - Neuquén- Argentina

esierra@uncoma.edu.ar hossi@ciudad.com.ar rgm@itba.edu.ar

Resumen: Las aplicaciones inteligentes del software computacional intentan emular los procesos del pensamiento humano. El problema que se presenta a los diseñadores de ambientes educativos es la cantidad de variables que interactúan entre sí y que deben ser tenidas en cuenta para un diseño efectivo de la instrucción. Los autores describen un sistema experto que asiste a los diseñadores de la instrucción en la identificación de la mejor estrategia instruccional dado un escenario definido por las características del que aprende, del currículum y del contexto del aprendizaje. En los aspectos metodológicos se considera la definición del problema estableciendo: objetivos, alcance, participantes y ámbito donde se utiliza el sistema. Una vez conocidos todos estos datos, el sistema experto es capaz de identificar el patrón o combinación de patrones que mejor se adapta a la situación instruccional presentada por el usuario, recomendando de este modo estrategias de instrucción a utilizar por parte del diseñador.

Palabras clave: software educativo, estrategias de instrucción, interacción, diseño educativo, tecnología educativa.

Resumo: As aplicações inteligentes do software computacional tentam copiar os processos do pensamento humano. O problema que se apresenta para os projetistas de ambiente educativos e da quantidade de variáveis que interatuam entre si e que deveriam ter em conta para um projeto efetivo de Instrução. Os autores descrevem um sistema especial que auxilia os projetistas de instrução na identificação da melhor estratégia instrucional dado um cenário definitivo para as características do que aprende, do currículo e do contexto de aprendizagem. Nos aspectos metodológicos se considera a definição dos problemas estabelecendo: objetivos, alcance, participants e âmbito onde se utiliza o sistema. Uma vez conhecidos todos os dados, o sistema especial e capaz de identificar de pronto a combinação de padrões que melhor se adapta a situação instrucional apresentada pelo usuário, recomendando deste modo estratégias de instrução a utilizar por parte do projetista.

Palavras Chaves: Software educativo, estratégias de instrução, interação, projeto educativo, tecnologia educativa.

INTRODUCCIÓN

La instrucción puede ser vista como la creación intencional de condiciones en el entorno de aprendizaje a fin de facilitar el logro de determinados objetivos educacionales. Desde un punto de vista didáctico, la instrucción consiste en un conjunto de actividades de aprendizaje, las cuales normalmente se articulan en determinadas estrategias. Es bien reconocido en el campo de la tecnología educativa que es necesario basar dichas estrategias en un modelo teórico de la instrucción. Sin embargo, debido a la complejidad y a lo imprevisible de los resultados y estilos de aprendizaje observados en diferentes situaciones y ambientes educativos, el éxito en la consecución de los objetivos de la instrucción no está garantizado por la simple adopción de premisas epistemológicas. Por lo tanto, se requiere contar con el conocimiento y la experiencia de diseñadores intruccionales expertos que hayan adquirido a lo largo del ejercicio de la profesión una experticia tal que les permita encontrar soluciones efectivas bajo ciertas condiciones de am-

biente de aprendizaje a diseñar. El sistema experto que se presenta en este artículo intenta capturar el conocimiento de diseñadores instruccionales y por lo tanto es capaz de recomendar estrategias adecuadas que faciliten el alcance de los objetivos de la instrucción por parte de los educandos, en el contexto del ambiente de aprendizaje que se trate. Para ello el sistema se basa en un modelo de la instrucción que sintetiza teorías, resultados de investigación y experiencia en el área del diseño instruccional a fin de converger hacia el logro de un diseño de instrucción altamente efectivo en la concreción de sus premisas.

1. ESTADO DEL ARTE DEL DISEÑO INSTRUCCIONAL

El diseño de instrucción puede entenderse como un conjunto de procedimientos sistemáticos para el desarrollo de ambientes educativos. Es altamente recomendable que el diseño instruccional esté basado en principios teóricos que justifiquen la razón de los procedimientos y estrategias empleados. Conforme a Reigeluth (1999), los fundamentos teóricos que sustentan el diseño instruccional pueden ser vistos desde una perspectiva descriptiva o prescriptiva. Desde un punto de vista descriptivo, la teoría es considerada como un conjunto de descripciones concernientes a qué resultados se observan como consecuencia de la aplicación de un modelo instruccional dado y bajo ciertas condiciones del ambiente de aprendizaje. Desde un punto de vista prescriptivo, la teoría se considera un conjunto de normas o prescripciones relativas a cuál será el modelo instruccional óptimo para lograr los resultados deseados bajo condiciones dadas del entorno educativo. En definitiva, la teoría que fundamenta el diseño instruccional presenta una serie de modelos que recomiendan las estrategias instruccionales adecuadas frente a determinadas características del entorno educativo.

Merrill (1996) describe la teoría del diseño instruccional como un conjunto de prescripciones para determinar las estrategias apropiadas a fin de habilitar a los educandos a alcanzar los objetivos de la instrucción. Esta teoría se refiere básicamente a cuáles son las estrategias

que funcionan, más que a una descripción de los pasos que deben llevarse a cabo en el proceso de desarrollo y diseño.

La suposición de Gagné y sus colegas (1992) sosteniendo que hay diferentes tipos de objetivos instruccionales y que por lo tanto se requieren diferentes estrategias para que el educando logre los objetivos de la instrucción en forma efectiva, constituye la base de la teoría instruccional de Merrill (1996). La teoría de Merrill se basa en la premisa de que para que el educando adquiriera un tipo de conocimiento específico, la instrucción debe emplear la estrategia instruccional correcta para promover la adquisición de ese tipo particular de conocimiento. Las suposiciones de Merrill son de algún modo cuestionadas por Duffy y Jonassen (1982) mediante el argumento de que Merrill tiene una visión excesivamente simplificada y que reduce el aprendizaje y la conducta humana a un elemento que puede ser fácilmente manipulado.

Jonassen sostiene que existen nuevas perspectivas científicas que cuestionan muchas de las suposiciones tradicionales sobre el aprendizaje. Estas nuevas perspectivas científicas comprenden la hermenéutica, la lógica difusa y la teoría del caos. A continuación, se considerarán estas teorías por separado, a efectos de comprender su influencia en el diseño instruccional.

La hermenéutica sostiene que el aprendizaje es un acto de interpretación. El conocimiento, conforme a la perspectiva hermenéutica, es una institución social, una comprensión que nunca puede ser separada de aquellas condiciones sociales o culturales en las cuales se encuentra. Cuando los principios hermenéuticos se ofrecen como solución a un problema de diseño instruccional, deben incluirse las siguientes perspectivas:

- El diseñador hermenéutico debe proveer al educando con la posibilidad de asignar su propio significado personal a un tema determinado.
- Deben usarse estrategias de motivación basadas en los intereses propios de los educandos.

- Empleo de una terminología que posibilite una correcta interpretación del contenido por parte del educando.

La lógica difusa intenta modelar el tratamiento de la imprecisión del conocimiento. Por ejemplo, las concepciones bivalentes: verdadero o falso, correcto o incorrecto, son valores extremos (y a veces opuestos) que definen un conjunto de infinitos valores intermedios. Por lo tanto, la lógica difusa pone en duda la predictibilidad determinista de las suposiciones acerca de los efectos de la instrucción en el aprendizaje. Los diseñadores instruccionales pueden usar los principios de la lógica difusa para analizar la conducta de los educandos como así también sus percepciones. La instrucción debe concentrarse en el dominio afectivo del educando de tal modo que la misma pueda adaptarse para promover la confianza del educando en sí mismo.

Los teóricos del caos sostienen que existen condiciones de las que no se es consciente que pueden tener un significativo impacto sobre el aprendizaje. Hay tantas variables interactuando durante cualquier proceso de aprendizaje que se vuelve imposible predecir sus efectos sobre el mismo. Por lo tanto, el caos del mundo real tiene tal impacto sobre el aprendizaje y el proceso instruccional que es imposible determinarlo en forma precisa. Conforme a la perspectiva de la teoría del caos, el aprendizaje no es simplemente un proceso cognitivo. La teoría del diseño instruccional no debe concentrarse sólo en los resultados de la instrucción, sino que debe tener en cuenta muy especialmente la incertidumbre y la impredecibilidad como parte de la complejidad del mundo. Al hacerlo, la teoría del diseño instruccional se convertiría en más probabilística y potente. La perspectiva caótica reconoce que cada ser humano posee una mente propia y particular, y por lo tanto el diseño instruccional debe concentrarse en incorporar un amplio espectro de condiciones para poder replicar la naturaleza probabilística de la instrucción (Jonassen, 1997).

2. CARACTERIZACIÓN DEL DOMINIO EN BASE A PATRONES INSTRUCCIONALES

En consonancia con la naturaleza no determinista de los principios que conducen a un diseño instruccional efectivo desde el punto de vista del logro de sus premisas, se ha observado que los diseñadores de instrucción expertos tienden a aplicar patrones o modelos de solución a un problema dado (Sierra, 1999a). Estos patrones han sido contruidos (conciente o inconscientemente) por los diseñadores instruccionales en base a la experiencia acumulada en el ejercicio de su profesión. En otros términos, los diseñadores de instrucción tienden a repetir estrategias de solución (o combinación de las mismas) que funcionaron en casos similares.

Tal como Christopher Alexander (1999) afirma "...cada patrón es una regla de tres partes, que expresa una relación entre un cierto contexto, un problema y una solución. Como un elemento del mundo, cada patrón es una relación entre un cierto contexto, un cierto conjunto de características que ocurre repetidamente en ese contexto y una cierta configuración que permite su identificación...". A partir de los conceptos de Alexander se desprende que un patrón puede ser entendido como un conjunto de elementos interrelacionados tales como problema, contexto y solución.

Por lo tanto, el hecho de encontrar un patrón adecuado para un problema dado depende en gran medida de una correcta identificación del problema en sí y del contexto en que éste ocurre. Esta fase de identificación normalmente se concentra en reunir información acerca de los requerimientos del sistema instruccional a diseñar, a lo largo del cual pueden surgir muchos interrogantes tales como: ¿Quienes son los usuarios del sistema instruccional y que es lo que éstos quieren? ¿Qué tipo de recursos están disponibles para el diseño? ¿En que contexto tendrá lugar la actividad de aprendizaje?

Mediante la aplicación de este proceso de investigación a diferentes situaciones de aprendizaje tanto a nivel individual como grupal (Sierra, 1999a), se han identificado los siguientes patrones a emplear en el diseño de instrucción:

Individuales:

• *Tutorial:* Modelo de instrucción tradicional. Es lineal y basado en acciones estímulo-respuesta. El estudiante es pasivo. Bueno para el entrenamiento en procesos donde se requiere una reacción rápida en un contexto cambiante.

• *Investigación / Construcción:* Modelo de instrucción basado en la investigación. El educando se mueve con independencia y normalmente implica la creación de un producto concreto o artefacto tangible.

• *Entrenamiento:* Modelo de instrucción basado en la asistencia del instructor, según sean las necesidades del educando. El instructor reduce su asistencia a medida que el educando adquiere más destrezas. El instructor como “andamio” en el proceso de construcción del conocimiento.

• *Simulación:* Modelo de instrucción basado en la creación de ambientes de aprendizaje artificiales. Es útil en situaciones donde hay eventos complejos interactuando y las relaciones causa-efecto permanecen obscuras. Apto para casos en que los ambientes reales involucran alguna amenaza o riesgo.

• *Información Actualizada:* Modelo de instrucción que provee un acceso inmediato a información actualizada. El educando lo consulta con frecuencia.

• *Exploración:* Modelo de instrucción que permite a los educandos explorar y descubrir conceptos, eventos o reglas por sí mismos. Es conveniente que este modelo incluya un historial de lo realizado por el educando a fin de que éste pueda reflexionar sobre sus propios procesos de pensamiento (metacognición).

• *Método Científico:* Modelo de instrucción basado en la experimentación y en la formulación, análisis y verificación de hipótesis.

• *Escenario Basado en Objetivos:* Modelo de instrucción basado en casos o problemas, que busca el refuerzo o adquisición de una habilidad objetivo. Debe estimular en el educando el reconocimiento de estrategias de abordaje de problemas empleados anteriormente en casos similares (transferencia). Es altamente dependiente del contexto.

Grupales:

• *Foro de Discusión:* Modelo de instrucción colaborativo, basado en la interacción comunicacional asincrónica entre los educandos que son parte del grupo, con participación del instructor.

• *Conversación / Debate:* Modelo de instrucción colaborativo, basado en la interacción sincrónica entre los educandos que son parte del grupo, con participación del instructor.

• *Visión del Experto:* Modelo de instrucción basado en la interacción con expertos. Es útil para facilitar el ingreso a un terreno o dominio de conocimiento poco conocido. Debe tratar de incentivar en el educando la forma que tiene el experto de abordar problemas o situaciones, tratando que el educando desarrolle los mecanismos de pensamiento del experto.

• *Perspectivas Múltiples:* Modelo de instrucción colaborativo basado en el abordaje de temas, problemas o situaciones desde múltiples puntos de vista o perspectivas y en múltiples contextos.

• *Colaboración Informal:* Modelo de instrucción basado en la observación de conductas o habilidades difíciles de transmitir en palabras, pues implica mucho conocimiento tácito o implícito por parte de quien instruye. Provee oportunidades para la lluvia de ideas. Puede conducir a la experticia o dominio de una habilidad.

• *Mejores Prácticas:* Modelo de instrucción basado en la adopción de una solución altamente probada y efectiva en una situación o problemática muy similar a la afronta el educando. Generalmente requiere asistencia por parte del experto que conoce la solución que funciona en este caso particular.

• *Agentes Inteligentes:* Modelo basado en la provisión de instrucción personalizada. Posee propiedades de filtrado y elevada adaptabilidad a las diferentes variables que intervienen en el entorno instruccional.

3. PATRONES INSTRUCCIONALES Y TEORÍAS DEL APRENDIZAJE

Es posible establecer una relación entre los patrones instruccionales y las teorías en las que se basa el diseño de instrucción. A efectos de ilustrar esta correlación entre patrones y teorías se considerarán los siguientes paradigmas teóricos para diseño de instrucción: conductismo, cognitivismo y constructivismo.

La teoría del aprendizaje conductista se restringe a observaciones externas que intentan explicar el porqué de las conductas. Esta teoría está basada en la premisa de que el aprendizaje resulta de la asociación entre estímulo y respuesta.

En contraste con la teoría conductista, el cognitivismo intenta determinar cómo ocurre el aprendizaje basándose en los procesos cognitivos que se cree ocurren en el interior del educando. Por lo tanto, desde el punto de vista de la teoría cognitivista (como opuesta a la teoría conductista), se han encontrado cuatro tipos de conocimiento (Sierra, 1999b) que son los más representativos al efectuar un análisis de los tipos de conocimiento presentes en una gran variedad de tópicos y tareas: conocimiento factual, basado en imágenes, procedimental y modelos mentales. Las estrategias instruccionales asociadas (inferencia, interpretación, proceduralización/sequenciación/secuencia, simulación) surgen como resultado del tipo de conocimiento involucrado en el tópico sobre el cual se provee la instrucción.

Por otro lado, el constructivismo es una filosofía del aprendizaje basada en la premisa de que el conocimiento no existe en forma externa al educando (como opuesto al conductismo y al cognitivismo) sino que es construido internamente a través de un proceso de reflexión basado en las propias experiencias del educando (Duffy y Jonassen, 1982; Wilson, 1996). Bajo el constructivismo, el educando construye su propio significado del mundo en que vive. De acuerdo a esta teoría, el contexto del aprendizaje juega un rol muy importante en el proceso interno de construcción del conocimiento. Las estrategias instruccionales consisten en proveer al educando experiencias auténticas y significati-

vas en contextos relevantes que le permitan transferir exitosamente los conocimientos adquiridos en contextos académicos o escolarizados a contextos reales.

Las teorías del aprendizaje son visiones parciales en el sentido de que éstas, en general, contemplan ciertos aspectos de la situación de aprendizaje en su conjunto. Dependiendo de las características del ambiente de aprendizaje a ser diseñado, es tarea del proyectista de sistemas de instrucción determinar la combinación adecuada de estrategias instruccionales a ser embebidas en el diseño. En la Tabla I se relacionan las teorías de aprendizaje comentadas con los patrones instruccionales individuales previamente identificados en el presente artículo.

Basados en los requerimientos de la instrucción y en las estrategias recomendadas por las diferentes teorías del aprendizaje, además de la propia experiencia, los diseñadores instruccionales pueden construir ambientes de aprendizaje altamente efectivos en el logro de sus consignas.

Teoría del Aprendizaje	Características De la Instrucción	Patrones Instruccionales Asociados	Estrategias Recomendadas
Conductismo <i>Aprender por Imitación</i>	Tradicional Lineal Reactiva Educando es pasivo	<ul style="list-style-type: none"> • Tutorial • Entrenamiento 	Repetición Asociación de estímulo y respuesta Retroalimentación Contigüidad
Cognitivismo <i>Aprender por Asociación</i>	Enfásis en Razonamiento Alto nivel de procesamiento cognitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación • Información Actualizada 	Inferencia Ensayo de Reglas Construcción de Modelos Mentales
Constructivismo <i>Aprender por Experiencia</i>	Alta complejidad Conceptual del Dominio Vivencial Dependiente del Contexto	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación/ Construcción • Exploración • Método Científico • Escenario Basado en Objetivos 	Construcción del Conocimiento Mecanismos de Pensamiento del Experto Diseño de Experiencias Colaboración

Tabla I: Relación entre Patrones Instruccionales y Teorías del Aprendizaje

4. SISTEMA EXPERTO PARA LA SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS INSTRUCCIONALES

4.1. Aspectos Filosóficos

A diferencia de los programas de computación tradicionales, las aplicaciones inteligentes del software computacional intentan emular los procesos del pensamiento humano y pueden servir por lo tanto como una extensión de las habilidades creativas y de resolución de problemas propias de los seres humanos. Por lo tanto, la experticia presente en diseñadores instruccionales expertos y su conocimiento en la aplicación de teorías y modelos de instrucción puede ser capturada por un sistema inteligente, el cual será un programa de computador que puede ser usado cuando se lo requiera. Más específicamente, los sistemas inteligentes representan una combinación de teorías que intentan emular o replicar la conducta humana en contextos específicos y suficientemente acotados (García-Martínez y Borrajo, 1997). El contexto seleccionado puede restringirse por lo tanto al diseño de ambientes de aprendizaje y en particular, a la definición de cuáles serán las estrategias de instrucción más efectivas a embeber en este diseño, dependiendo de los objetivos y características propias de la instrucción a implantar.

4.2. Límites del Problema Abordado

La instrucción involucra interacción del estudiante con experiencias didácticas, materiales de apoyo, herramientas y gente en el entorno físico, a efectos de posibilitar el aprendizaje. El propósito de un sistema de instrucción es el de gestionar y suministrar la instrucción.

La instrucción consiste en un conjunto de actividades de aprendizaje, las cuales normalmente se encuadran en determinadas estrategias instruccionales. Estas actividades están diseñadas para facilitar que los estudiantes alcancen los objetivos especificados en el diseño del curriculum. Cualquier ambiente de software educativo orientado a instrucción provee distintos tipos de actividades.

El problema que se presenta a los diseñadores de ambientes educativos es la cantidad de variables que interactúan entre sí y que deben ser tenidas en cuenta para un diseño efectivo de la instrucción.

En un análisis inicial, las principales variables que afectan el aprendizaje están relacionadas con las características a) del que aprende, al que se denomina generalmente “educando” b) del currículum c) del contexto del aprendizaje. La interacción entre estas diferentes variables debe tenerse en cuenta si se desea diseñar ambientes de aprendizaje de alta efectividad. El éxito en la adquisición de un nuevo aprendizaje en particular depende en gran medida de si el estudiante posee los conocimientos y habilidades requeridas para la asimilación de dicho aprendizaje.

Las estrategias de instrucción embebidas en un diseño altamente efectivo consisten en lograr la adecuada interacción entre los elementos que intervienen en el escenario de la instrucción a efectos de lograr una óptima consecución de los objetivos educacionales.

A modo ilustrativo, se puede considerar la situación de un estudiante cuyo estilo de aprendizaje es predominantemente visual y debe asimilar un contenido que involucre reiteradas asociaciones texto-imagen. Ante este escenario, la investigación (Sierra, 1999b) recomienda una estrategia de instrucción tendiente a la asignación de significados a las imágenes a fin de lograr una alta efectividad en la asimilación de este conocimiento y su incorporación a la estructura cognitiva del que aprende.

4.3. Solución Desarrollada

El sistema asiste a los diseñadores de la instrucción en la identificación de la mejor estrategia instruccional dado el escenario definido por las características del que aprende, del currículum y del contexto del aprendizaje. En los aspectos metodológicos se trató la definición del problema estableciendo: objetivos, alcance, participantes, ámbito donde se utiliza el sistema.

El sistema experto para poder identificar las mejores estrategias instruccionales, recibe como entrada (input) los siguientes datos del escenario de la instrucción: características del dominio del conocimiento a transmitir, características del educando que actuará como usuario (audiencia objetivo), descripción del entorno tecnológico que

actuara como facilitador del aprendizaje y la descripción de habilidades que se espera logre el individuo como resultado de la instrucción.

Una vez conocido todos estos datos, el sistema experto identifica el patrón o combinación de patrones que mejor se adapta a la situación instruccional presentada por el usuario, recomendando de este modo estrategias de instrucción a utilizar por parte del diseñador. Asimismo, identifica si el ambiente esta fuera de los límites de las estrategias instruccionales que maneja el sistema.

Un sistema inteligente que provea las estrategias de instrucción más adecuadas a emplear en un entorno de aprendizaje basado en tecnología, debe trabajar a partir de una base de conocimientos constituida por modelos instruccionales y experiencia relativa al dominio. El sistema empleará un método de diagnóstico basado en la inferencia para determinar, en base a las características del ambiente de aprendizaje a diseñar, cuál es la teoría o combinación de teorías que conviene aplicar en el caso bajo análisis. Estos modelos teóricos contribuirán a definir un conjunto de estrategias instruccionales a embeber en el diseño. Las estrategias provistas por el sistema experto constituirán un valioso elemento de ayuda al proyecto, pues le permitirá al diseñador estructurar su diseño en base a las estrategias de instrucción aportadas por el sistema inteligente. La Figura 1 ilustra esquemáticamente el mecanismo de inferencia empleado por el sistema experto.

5. CONCLUSIONES

El sistema experto para la selección de estrategias instruccionales descrito en el presente artículo se encuentra en fase de desarrollo, poseyéndose en esta etapa un prototipo que logra recomendar estrategias instruccionales frente a una gran variedad de problemas de diseño. La aplicación de diversos casos de prueba para comprobar la efectividad del sistema ha arrojado resultados que han sido considerado satisfactorios a criterio de diseñadores instruccionales expertos. Sin embargo, el proceso de adquisición de nuevos conocimientos y mejoramiento perfectivo continúa, a efectos de incorporar en el sistema nuevos modelos teóricos y patrones instruccionales, que permitan op-

timizar la efectividad y prestaciones del sistema en su objetivo de contribuir al diseño de ambientes de aprendizaje altamente efectivos.

Fundados en los resultados preliminares del trabajo descripto, creemos cumplible el objetivo de construir un sistema experto que, dadas las características de los elementos que convergen en un escenario de instrucción computarizado (educando, currículum, objetivos, contexto) sea capaz de establecer las estrategias de instrucción prioritarias y secundarias y reconocer las actividades que hagan efectivas esas estrategias en la práctica de esa instrucción, con base en un modelo de la instrucción que sintetice las teorías de aprendizaje abordadas.

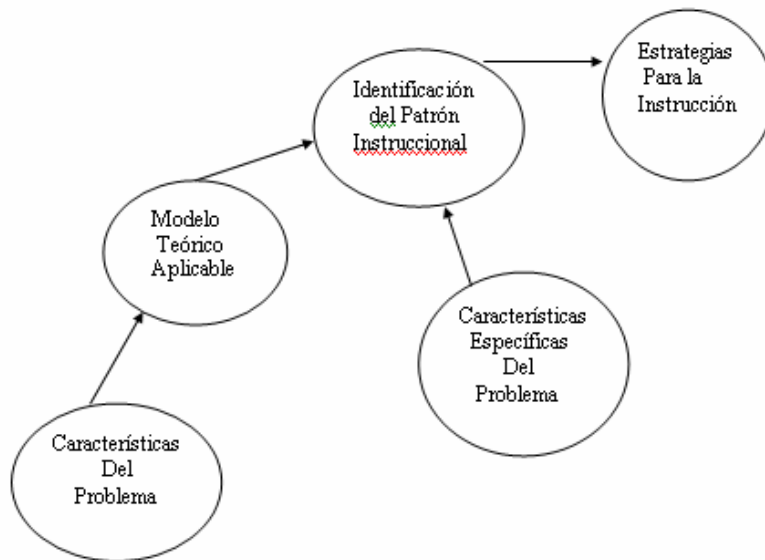


Figura 1: Mecanismo de Inferencia Global empleado por el Sistema Experto

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, C. (1999). *A Timeless Way of Building*. Oxford University Press. Oxford. England

Duffy, M. & Jonassen, H. (1982). *Constructivism and the technology for instruction: a conversation*. Lawrence Erlbaum Associates. Washington. USA

Gagné R. M., Briggs L. J. & Wager W. W. (1992). *Principles of Instructional Design*. Wadsworth/Thomson Learning. Belmont, CA. USA.

García Martínez, R. y Borrajo, D. (1997). *Planning, Learning and Executing in Autonomous Systems*. Lecture Notes in Artificial Intelligence. 1348, 208-210.

García Martínez, R. y Borrajo, D. (2000). *An Integrated Approach of Learning, Planning and Executing*. Journal of Intelligent and Robotic Systems. 29, 47-78.

Jonassen, D. H. (1997). *Certainty, Determinism and Predictability in Theories of Instructional Design: Lessons from Science*. Educational Technology, 37, 27-37.

Merrill, M. D. (1996). *Instructional Transaction Theory: Instructional Design Based on Knowledge Objects*. Educational Technology, 36, 30-37.

Reigeluth, C. M. (1999). *Instructional design theories and models: a new paradigm of instructional theory*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers. Washington. USA

Sierra, E. A. (1999). *Examining the Suitability of the Pattern Oriented Paradigm in the Educational Software Design Process*. In Press. Institute for Learning Technologies, Columbia University.

Sierra, E. A. (1999). *A Cognitivist Instructional Approach applied to the design of intelligent tutoring systems*, Proceedings of the Argentine Symposium on Artificial Intelligence, 221-232.

Wilson, B. G. (1996). *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*. Educational Technology Publications. Englewood Cliffs, New Jersey.