

HAries: Un Lenguaje para la Programación del Conocimiento con Facilidades para la Construcción de Material Educativo.

María de los Ángeles Alonso Lavernia,
Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Pachuca, Hidalgo, CP 42000, México,

Argelio V. de la Cruz Rivera
Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Sistemas
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Pachuca, Hidalgo, CP 42000, México

y

Agustín Gutiérrez Tornos
Centro de Investigación en Computación,
Instituto Politécnico Nacional.
México, DF., CP 07738, México

RESUMEN

En este trabajo se presenta un lenguaje de programación constituido por un grupo de estructuras para la representación del conocimiento con características tales que permiten modelar de manera natural las actividades del proceso de enseñanza aprendizaje, lo cual resulta algo complicado con el uso de lenguajes de programación convencionales. Estas estructuras pueden representar no sólo el contenido del dominio que se enseña, sino también las estrategias de enseñanza más adecuadas al tema en cuestión, diversas formas de interactuar con el usuario y evaluar su comportamiento, el manejo de multimedios y base de datos, y muchas otras posibilidades del proceso educativo. Se cuenta además, con las características propias de los lenguajes de representación del conocimiento como es la manipulación de incertidumbre, el manejo de inferencia para obtener valores no conocidos y las posibilidades de adaptarse al usuario. El trabajo se enfoca a describir las características generales del lenguaje y de las estructuras que éste posee para satisfacer aspectos del proceso de enseñanza aprendizaje. Finalmente, se mencionan los resultados prácticos obtenidos y los desarrollos futuros alrededor de los sistemas educativos inteligentes.

Palabras Claves: Lenguajes de Representación del Conocimiento, Sistemas Tutoriales Inteligentes, Esquemas de Representación del Conocimiento, Proceso de Enseñanza-Aprendizaje, Ingeniería de Software Educativo.

1. INTRODUCCIÓN

El campo de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación está relacionado con el desarrollo de técnicas para el estudio de la enseñanza humana y con la ingeniería de sistemas que faciliten el aprendizaje humano [7], [21]. Este campo, de manera general, tiene el objetivo de dar solución a una interrogante básica: ¿Cómo pueden los sistemas facilitar el aprendizaje y medir su progreso?

Las investigaciones en este sentido han estado dirigidas a la construcción de potentes sistemas de enseñanza, donde el conocimiento acerca del dominio y la metodología de enseñanza, la inferencia acerca del comportamiento del estudiante y la habilidad de razonamiento, entre otros aspectos, son parte implícita de estos sistemas.

Los primeros intentos se materializaron en los sistemas de entrenamiento basados en computadora, que incluían la instrucción apoyada en la computadora (CAI), simulaciones y micromundos, donde se define, por parte del autor, tanto el tópico como la respuesta a presentar considerándose para ello la instrucción para un estudiante típico.

Actualmente, los sistemas de instrucción inteligente definen una variedad de tipos de conocimiento y luego, el método pedagógico acerca de cómo transmitirlo [16], [17], [18], [21]. Pueden contener reglas de inferencia para razonar acerca de las posibles formas de enseñar y generar dinámicamente su propio camino a través del conocimiento de acuerdo al comportamiento del estudiante.

Sin embargo, la facilidad para poder explotar las características anteriores sólo las puede garantizar el lenguaje de representación del conocimiento que se use, en correspondencia con los esquemas que emplee para modelar el conocimiento y las estructuras de datos y programas a partir de los cuales implementa el almacenamiento y procesamiento del conocimiento.

El desarrollo de este trabajo está dirigido a presentar las características del lenguaje de representación del conocimiento HAries, el cual ha sido creado para facilitar la construcción de sistemas educativos inteligentes, a través de diferentes formas de representación del conocimiento y ambientes de programación visual.

2. LENGUAJE DE REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO HAries

HAries es un ambiente computacional de propósito general compuesto por un lenguaje de representación del conocimiento

y un conjunto de utilitarios que permiten la construcción de una Base de Conocimiento (BC), su mantenimiento y explotación. De esta forma, se hace posible el desarrollo de sistemas tutoriales inteligentes en diversos dominios del conocimiento y en el que se incorporan características de adaptación al usuario, ejercicios constructivos y uso de niveles de complejidad para el entrenamiento [2], [3], [8], [10], [11], [13], [14].

Las investigaciones y desarrollos alrededor del lenguaje HArIES, han estado encaminados a facilitar la programación con las características de los lenguajes de representación del conocimiento. Para lograr esto, se ha propuesto modelar el conocimiento a través de un ambiente híbrido de programación. Entendiéndose como sistema híbrido, a aquel que combina múltiples paradigmas de representación en un solo ambiente de programación integrado [19].

HArIES es un ambiente híbrido, en primer lugar, porque permite obtener conocimiento representado con diversos esquemas, aprovechando las capacidades de representación de cada uno, logrando comportamientos que con el uso independiente de estos se haría muy compleja o imposible de tratar. Y en segundo lugar, debido a que posibilita la utilización conjunta de diversas fuentes de información como son: datos, conocimientos y elementos multimediales.

El concepto fundamental que se ha utilizado en el desarrollo del lenguaje HArIES, parte de suponer que toda fuente de información extraída de un problema, puede ser considerada como *conocimiento* en algún sentido. Así, se pueden utilizar datos, experiencias humanas y diversos medios computacionales como: imágenes, sonidos y animaciones de forma híbrida [12].

Para lograr esta integración, se ha desarrollado una teoría basada en estructuras para la representación del conocimiento, que constituyen un lenguaje para la *Programación del Conocimiento* [2], [3].

Una característica relevante de las estructuras desarrolladas, es que permiten aumentar la expresividad del lenguaje ya que se pueden modelar situaciones con el uso de las propias estructuras, sin necesidad de que el usuario tenga que definir procedimientos en algún lenguaje convencional para lograr la funcionalidad deseada de la aplicación en desarrollo.

En resumen, las características generales del lenguaje son las siguientes:

- Es un lenguaje de propósito general.
- No se impone una forma rígida para el desarrollo de las aplicaciones.
- Brinda las herramientas necesarias, tanto para el desarrollo de las aplicaciones, como para su explotación y detección de errores.
- Permite la integración de Bases de Datos (BD) y Bases de Conocimientos (BC), para lo cual se utiliza tecnología de agentes.
- Posibilita la utilización de imágenes, sonidos, animaciones, videos e hipertextos.
- Cuenta con un módulo para el desarrollo de hipermedias inteligentes.
- Puede ser extendido, en correspondencia con las necesidades de cada problema particular. Se puede incluir código ejecutable escrito en cualquier lenguaje, o clases y funciones de C++ directamente.

2.1 Definición del Lenguaje

Como en cualquier lenguaje de programación, HArIES basa su funcionamiento en varios conceptos generales, que definen la sintaxis para construir los códigos fuente y sus mecanismos de funcionamiento.

De forma general se identifican tres ideas básicas:

- Representación de conceptos.
- Representación de relaciones entre los conceptos
- Estructuras mezcladas entre las representaciones anteriores.

Un concepto, desde el punto de vista del lenguaje, puede ser considerado como una estructura con diversos componentes en correspondencia con el tipo de conocimiento que éste represente.

Estableciendo una comparación con lenguajes orientados a objetos, podemos pensar en un concepto como si fuera una clase, que tiene un conjunto de componentes para definir sus atributos y funcionamiento.

Un concepto cualquiera en el lenguaje, se denotan como:

$$E_{T_c} = \langle e_1, e_2, \dots, e_t \rangle$$

donde:

T_c representa el tipo de concepto

t la cantidad de elementos que componen la estructura.

La definición de un concepto, sólo establece un tipo de funcionamiento interno que se restringe al propio concepto como tal.

La riqueza del funcionamiento se alcanza cuando son establecidas las relaciones entre los conceptos, tanto de forma individual como colectiva, lo cual no indica que se necesite establecer todas las relaciones dos a dos, o combinaciones entre todos los conceptos.

Una relación se representa de la siguiente manera:

$$R_{T_r} = (E_{T_1} = \{E_1, E_2, \dots, E_{t_1}\} \sim Tr \{E_1, E_2, \dots, E_{t_2}\} = E_{T_2})$$

donde:

R_{T_r} representa la relación de tipo T_r ,

E_{T_1} y E_{T_2} son conjuntos de conceptos, que se denominan *antecedente* y *sucedente*, respectivamente (E_{T_1} puede ser vacío)

$\sim Tr \in \{\Rightarrow, \rightarrow, \xi, \zeta, @\}$ es un símbolo que identifica el tipo de relación.

En algunos casos se necesita que los conjuntos E_{T_1} y E_{T_2} sean disjuntos, pero en otros casos no.

Relaciones más complejas se pueden presentar cuando alguna de las componentes E_i de una relación dada E_{T_c} ($c \in \{1,2\}$), se encuentra en el antecedente o sucedente de otras relaciones.

2.2 Componentes del Ambiente de Programación

El lenguaje de representación del conocimiento HArIES fue creado para construir Sistemas Basados en Conocimientos, es por ello que el mismo está inmerso en un ambiente de programación que cuenta con diversas herramientas para desarrollar una aplicación específica. Sus principales componentes son:

- Sistema de Control General

- Sistema de Adquisición y Manipulación de Conocimientos
- Sistema Consultante para el Desarrollador
- Sistema Consultante para Explotación de Aplicaciones
- Utilitarios.

El Sistema de Control General (HARies), constituye la primera vía disponible para entrar al sistema. A través de éste se brinda acceso al resto de los componentes u operaciones que brinda el medio ambiente. Este módulo incluye algunas operaciones específicas como son: instalación de las aplicaciones y un traductor que permite convertir automáticamente aplicaciones desarrolladas con versiones anteriores del lenguaje a la sintaxis actual.

El Sistema de Adquisición y Manipulación de Conocimientos (HARiesA) permite ejecutar todas las operaciones relativas a la creación, modificación y mantenimiento de las Bases de Conocimiento. En este, se incluyen varios editores visuales, compiladores y decompiladores, que facilitan el proceso de programación, evitando que el usuario tenga que trabajar con el código fuente directamente.

El Sistema Consultante para el Desarrollador (HARiesC) constituye la parte del ambiente que se encarga del procesamiento de la información almacenada en las BC. Contiene diversos mecanismos de inferencia y razonamiento con incertidumbre, además de un complejo proceso de control a diversos niveles jerárquicos. Las componentes básicas de este sistema son: las máquinas de inferencia, el razonamiento con incertidumbre, la interacción Hombre-Máquina, el análisis de errores y el sistema explicatorio.

El Sistema Consultante para Explotación de Aplicaciones (HARiesCI) es una versión del Sistema Consultante que se utiliza para la explotación de aplicaciones ya terminadas. De ahí que no cuente con los mecanismos de detección de errores, ni con todas las opciones explicatorias mencionadas en la versión anterior, pero sí con el resto de las componentes.

HARies cuenta con otro conjunto módulos que se encuentran dentro de los utilitarios y que sirven como apoyo al proceso de creación y mantenimiento de las aplicaciones, las funciones fundamentales son: Listados organizados de las BC, Estadísticas, Sistemas Explicatorios, Aprendizaje Automático, Agente buscador de información y Búsqueda de errores e inconsistencias.

3. DESARROLLO DE SISTEMAS EDUCATIVOS CON HARies

La selección del software para la construcción de un sistema es un paso de importancia trascendental. Muchas son las herramientas que existen hoy en día para el desarrollo de materiales educativos computarizados. Sin embargo, no en todas se facilitan mecanismos para abordar la metodología de enseñanza, lo cual incide en gran medida en su complejidad para lograr estos propósitos. El desarrollo de herramientas que soportan técnicas de inteligencia artificial logró superar esta limitación. Una muestra de ello son los sistemas tutoriales inteligentes en los que ya se tiene en cuenta algunas facilidades para programar la metodología a emplear en la enseñanza del material.

3.1 Concepción General

Estos sistemas se encuentran diseñados para simular diferentes etapas del proceso de enseñanza-aprendizaje en el modo presencial, de forma tal que el sistema pretende ser una herramienta de apoyo para este proceso. Para lograr esto se incluyen cuatro módulos de trabajo básicos: Entrenador, Consulta, Ejercitador y Evaluador.

Estas etapas o fases se encuentran separadas y no existe una forma rígida de ser utilizadas, por lo que el estudiante tendrá libertad total para navegar por el sistema, lo cual solamente dependerá de las necesidades del mismo, de su nivel de preparación y de la etapa del aprendizaje donde se encuentre dentro de sus estudios.

Los objetivos de estos sistemas están dirigidos a:

- La enseñanza de los conceptos teóricos y sus demostraciones.
- La solución y ejercitación de problemas relacionados con los temas.
- La preparación de los estudiantes para exámenes de diversos tipos sobre la materia.
- Brindar una herramienta computacional que posibilite la búsqueda, consulta y extracción de información relacionada con cada uno de los temas mencionados.

3.1.1 Entrenador: El Entrenador constituye la parte del sistema donde se presentan los diferentes tópicos de la materia en forma de clases dictadas por un profesor. Para ello se utilizan dos estilos de trabajo que pueden ser elegidos a gusto por el estudiante: *Conferencia e Interactivo*.

En el estilo de trabajo Conferencia, el Entrenador realiza un recorrido por los tópicos seleccionados de forma secuencial y continua. El papel activo en este modo de trabajo lo tiene el sistema y el estudiante simplemente es un receptor de información. El sistema prevé también que en algunos casos se pueda enfocar la atención sobre aquellos aspectos de mayor interés sin necesidad de revisar toda la materia, y esto solo se logra con las preguntas que le presenta al usuario.

El estilo de trabajo Interactivo ejecuta una clase donde tanto el Profesor (Sistema) como el estudiante (Usuario) juegan un papel activo. Para ello el sistema toma la iniciativa y comienza ejecutando preguntas que se relacionan con el tópico seleccionado y en correspondencia con las respuestas recibidas toma decisiones sobre qué aspectos explicar y a qué nivel de profundidad, así como, decidir qué preguntas presentar a continuación.

La idea consiste en explicar solamente aquellos aspectos de la materia donde el estudiante presenta dificultades o dudas. Esto provoca también, que la secuencia y acciones del sistema en este estilo no siempre sean las mismas y que su utilización repetida pueda presentar comportamientos diversos.

3.1.2 Consulta: El modo Consulta representa la parte que permite acceder directamente a un banco de conceptos y definiciones. Internamente este modo se implementa mediante hipermedias que brindan diversas posibilidades para evacuar las dudas conceptuales que presente el estudiante de forma puntual. Como es característico en este tipo de estructura, la navegación es dirigida por el usuario y no tiene que seguir obligatoriamente una secuencia fija ni preestablecida.

Este módulo, a diferencia del Entrenador, está orientado a la aclaración de dudas y no a la ejecución del estudio sistemático u

organizado de algún tópico; es por ello que siempre está disponible desde cualquier otro módulo del sistema, independientemente del modo de trabajo elegido o el punto de la ejecución donde se encuentre el proceso.

3.1.3 Ejercitador: La ejercitación está constituida por varios módulos que permiten sistematizar los conocimientos del estudiante mediante múltiples tipos de preguntas. El sistema analiza las respuestas para profundizar en aquellos aspectos donde se detecten dificultades.

Con el fin de brindar la posibilidad del entrenamiento basado en ejercicios dentro del sistema, se plantean básicamente tres tipos de ejercicios clasificados en niveles:

- **Ejercicios Resueltos:** Se le presenta al usuario un ejercicio y la explicación de su solución paso a paso.
- **Ejercicios Propuestos:** Se le propone un ejercicio al usuario para que los resuelva y el introduce su solución. El usuario recibe aprobación o consejo de la solución del ejercicio en caso de error.
- **Ejercicios Externos:** El estudiante le plantea al sistema un ejercicio para que el mismo se lo resuelva. Recibe solución o consejo del sistema referente al ejercicio planteado.

Las diversas actividades que pueden ser asignadas a un estudiante durante su entrenamiento, se basan en el concepto de **Ejercicio Prototipo** que representa el principio fundamental que se utiliza para el diseño y desarrollo del módulo de entrenamiento basado en ejercicios dentro de los sistemas.

Un prototipo de ejercicios es un código que se utiliza para generar ejercicios específicos en tiempo de ejecución. Para la generación de los ejercicios se necesitan fundamentalmente cuatro acciones:

1. **Generar las preguntas.-** Se utiliza uno o más textos concatenados y opcionalmente se necesita la generación de valores numéricos que son asignados a variables.
2. **Construir respuestas correctas.-** Esto implica mostrar paso a paso el proceso de desarrollo que se realiza para obtener la solución del problema planteado.
3. **Comparar la solución correcta con la obtenida por el usuario.**
4. **Visualizar los resultados del proceso.**

Así, la generación de preguntas y construcción de respuestas en tiempo de ejecución, conlleva a tener un sistema que presente una diversidad de éstas, sin necesidad de contar con grandes volúmenes de información almacenada para este fin y por consiguiente, se le brinda al usuario la posibilidad de practicar con una gran cantidad de ejercicios, lo cual es un objetivo en los sistemas de práctica y ejercitación.

3.1.4 Evaluador: El módulo evaluador completa el ciclo de enseñanza mediante la comprobación del nivel de preparación logrado hasta el momento. El sistema diagnostica en cuáles aspectos de la asignatura debe prestar mayor atención el estudiante.

Para la evaluación, en ambos sistemas, se han definido diversos criterios que han permitido ponderar la importancia de cada pregunta, de forma que la influencia sobre el resultado final no sea homogénea; ello depende en gran medida de las dificultades que presente cada una de las preguntas. El sistema realiza este proceso a través de los llamados grados de seguridad, incertidumbres o pesos asociados a las diversos componentes de la BC.

Estos pesos se cuantifican usando un rango de valores definido por el intervalo $[-1,1]$ (en la práctica se extienden a $[-100,100]$) donde 1 indica **verdad absoluta**, -1 **falsedad absoluta** ó 0 **desconocimiento total** y el resto de los valores graduados, en el nivel de creencia acerca de un hecho.

En el proceso evaluativo que realizan los sistemas, cada respuesta se debe acompañar del grado de seguridad que el usuario tiene sobre éstas y para ello se ha creado una escala de incertidumbre cualitativa que facilita la interacción y evita la manipulación numérica que es a menudo dificultosa.

El objetivo en este caso es tratar de lograr un mayor grado de objetividad en la evaluación. Así, por ejemplo, no es lo mismo brindar una respuesta correcta y estar **Completamente Seguro**, que tener **Cierta Seguridad** sobre un tema. En el primer caso, el nivel de preparación y por consiguiente la evaluación es superior que en el segundo, si la respuesta fue correcta en ambos casos.

Por el contrario, si el sistema recibe una respuesta incorrecta y el usuario responde además que está **Completamente Seguro** de ello, evidentemente el conocimiento que se tiene es peor que si se hubiese expresado por ejemplo, que se tiene **Muy Poca Seguridad** con relación a la respuesta brindada. Aunque en ambos casos la respuesta es incorrecta, en el segundo, el error es considerado como menos grave.

3.2 Aspectos a considerar en las actividades educativas

Un material educativo debe considerar para un buen entrenamiento un conjunto de aspectos, entre los que se pueden citar:

- Riqueza y versatilidad para la presentación del contenido.
- Comportamiento adaptativo al conocimiento del usuario.
- Desempeño de papel de asesor.
- Inclusión de gran variedad y cantidad en los formatos de ejercicios.
- Retroalimentación en su interacción.
- Comunicación de recomendaciones y/o del estado del alumno.

La creación y ampliación de posibilidades de las estructuras de representación del conocimiento han sido sugeridas por el propio desarrollo de sistemas y por la necesidad de satisfacer la incorporación de los aspectos anteriores al lenguaje HARIES [2], [3].

A continuación para presentar las posibilidades que tienen los sistemas desarrollados bajo el ambiente HARIES, nos apoyaremos en cada uno de los aspectos mencionados.

3.2.1 Presentación del contenido: Cuando el objetivo que se persigue al elaborar un material educativo, es lograr la comprensión de un tema y el desarrollo de habilidades relacionadas con el contexto que se enseña, entonces es sumamente importante considerar cómo presentar el contenido.

El uso de posibilidades multimedia es primordial si se considera que muchas veces se retiene más el conocimiento que muestra una imagen o video que la lectura de un texto explicativo sobre un fenómeno. De aquí que todas las estructuras de representación del conocimiento que contiene el lenguaje incorporan elementos multimedios para el manejo del conocimiento [2], [3].

Un ejemplo de ello es la estructura **Proposición**, que se convierte en una estructura compleja al permitir presentarle al usuario un texto al que se le asocia un valor de incertidumbre con posibilidades de análisis de sentido común, evaluación no monotónica, asociación de acciones, antes o después de evaluarse, relacionadas con multimedia, etc.

Por ejemplo, en el caso de que se necesite presentar a través de una proposición un texto explicatorio de un concepto acompañado de una imagen para ayudar a la comprensión del mismo por parte del alumno, se añade a la estructura proposición esta posibilidad por medio de sus parámetros. En la figura 1 se muestra la presentación de una información a través de una proposición con el uso de imágenes en un sistema para la enseñanza de la tabla periódica de los elementos químicos.

Otra estructura que permite presentar información variada es la **Variable Imagen Sensible**. Ésta goza de capacidades de presentación de información en diversas formas, como son: textos, imágenes, videos, sonidos, hipermédias, programas externos y funciones, los cuales pueden ser integrados en una pantalla de manera que se logre representar un concepto de diversas formas.

El estudio de la Distribución Electrónica de los átomos en la notación $n l^x$ se completa conociendo cómo se ordenan los subniveles de energía.

Como se puede observar en el diagrama, los electrones se distribuyen en orden creciente del contenido energético de los subniveles, lo cual se indica por las flechas. Este esquema se conoce como Regla de las Diagonales.



Figura 1. Presentación de información textual con imágenes por medio de una proposición.

Por su parte, la estructura **Base de Control** [1] permite organizar la presentación del contenido de acuerdo a las necesidades de la materia que se enseña, con posibilidades de diseñar el sistema de manera que el alumno pueda revisar, dentro de todo el material, los conceptos que el mismo requiere sin necesidad de revisar todo o parte del material y además poder dividir la enseñanza de la materia tomando en cuenta varias estrategias de enseñanza-aprendizaje o el diseño del programa del curso. Las figuras 2 y 3 muestran parte de la organización de un sistema para la enseñanza de Trigonometría.

3.2.2 Comportamiento Adaptativo: En un sistema educativo, el comportamiento estático trae como resultado la

desmotivación del alumno para el uso del mismo. Lograr que el software se comporte de acuerdo al nivel de conocimientos que posee el alumno debe ser un aspecto imprescindible al desarrollar un sistema de apoyo al proceso de enseñanza. El lenguaje HArIES ha abordado este problema a través de varios medios, como son: el control del nivel de conocimiento del estudiante, la dosificación del nivel de dificultad de los ejercicios, y la adecuación del contenido de acuerdo a su estado [5], [6]. Todo ello requiere del uso de diferentes estructuras entre las cuales se tienen: **Reglas de Conclusión** que componen los textos en tiempos de ejecución de acuerdo al cumplimiento de determinadas condiciones, estructura **Variable Base de Datos** que permite acceder a información almacenada en una Base de Datos para considerar en el proceso de enseñanza los modelos de alumnos y sus comportamientos en la interacción con el sistema y por último, la estructura **Texto de Conclusión** para la creación de **Ejercicios Prototipos** con la posibilidad de generar un solo código de ejercicio y a partir del mismo, poder presentar decenas de ejemplos del igual tipo así como su explicación por pasos [14].

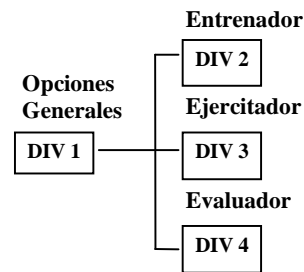


Figura 2. Opciones Generales del Sistema de Trigonometría

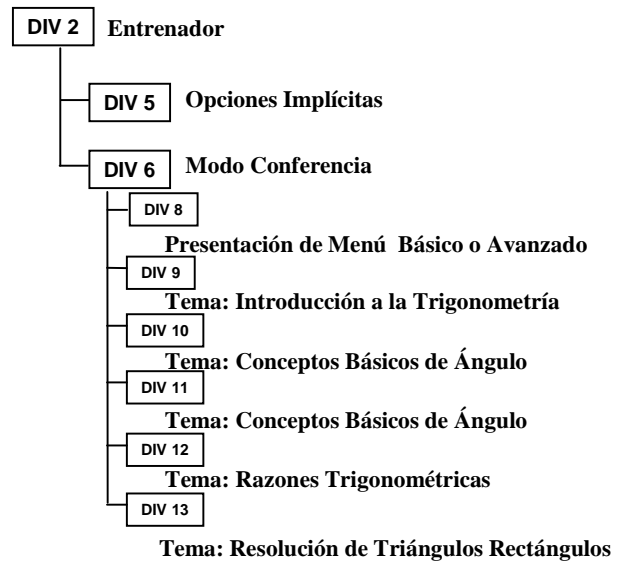


Figura 3. Conferencia del Sistema de Trigonometría

3.2.3 Papel de asesor: Como los sistemas basados en conocimiento permite emular el comportamiento del hombre en la computadora, es natural que en un sistema educativo se deba comportar como un asesor y esto se manifiesta en HArIES con el uso de las **Reglas de Apoyo**. Estas reglas permiten decidir cuándo y cómo presentar una explicación, conclusión o recomendación al alumno, así como, también decidir sobre el

nivel de complejidad del contenido, de los ejercicios y de la evaluación con el empleo de estructuras como las explicadas en el epígrafe 3.2.2 sobre comportamiento adaptativo.

Por otra parte, en la etapa de evaluación se hace necesario ponderar la calificación de las preguntas a presentarle al usuario y brindar una calificación total de su examen. Esto se facilita con el uso de las **Reglas de Producción Generalizadas**, que permiten el uso de pesos y manejo de inferencia.

3.2.4 Variedad de ejercicios: El entrenamiento, por su propia condición de instrumento destinado a la consecución de objetivos específicos, resulta ser una etapa imprescindible en el proceso de enseñanza-aprendizaje. De ello se desprende que el diseño de un sistema educativo con características de ejercitación, debe cumplir con algunos requerimientos para obtener un material de calidad que permita alcanzar los objetivos para los cuales fue diseñado.

En la ejercitación deben conjugarse condiciones tales como: cantidad de ejercicios, variedad en los formatos con que se presentan y retroinformación que reoriente la acción del aprendiz.

HARies para satisfacer la variedad de formatos de ejercicios ha desarrollado diversas estructuras del tipo variable como son: **Cualitativa, Numérica, Enlace, Ordenamiento, Verdadero y Falso, Imagen Sensible y Externa**, cuya naturaleza está dada en el propio nombre.

En cuanto a la cantidad de ejercicios, el ambiente lo materializa con el uso de **Ejercicios Prototipo**, explicados en el epígrafe 3.1.3.

3.2.5 Retroalimentación de Respuestas: El lenguaje contempla la necesidad de poder interactuar con el alumno de acuerdo a su respuesta. Es obvio que cuando se trata de una respuesta numérica o cualitativa sólo existen dos posibilidades (correcta o incorrecta). Sin embargo, cuando se trata de ejercicios constructivos, como puede ser la distribución electrónica de los elementos químicos, la situación se complica puesto que una respuesta incorrecta puede deberse a dificultades en diversos conceptos o pasos de la propia distribución. HARies, valiéndose de sus posibilidades de poder mostrar distintos textos de acuerdo a la situación dada, a través de las Reglas de Conclusiones puede resolverlo.

La característica más relevante de estas reglas es que debido a sus posibilidades de composición dinámica, la memoria empleada para guardar el contenido de los textos a presentarle al usuario es mínima. Por otra parte, se cuenta con estructuras como la **Variable Fórmula**, que permite realizar los cálculos para obtener en tiempo de ejecución los valores correctos de respuestas de acuerdo a los generados en ese momento, y la **Variable Relación de Comparación** que permite comparar la respuesta correcta calculada por el sistema con aquella ofrecida por el usuario.

3.2.6 Comunicación del estado del alumno y/o recomendaciones: La comunicación al alumno de su estado es de suma importancia puesto que con ello él puede conocer su nivel de preparación en la materia que estudia y determinar qué hacer en lo sucesivo, tomando en cuenta además, las recomendaciones propias que el sistema le pueda sugerir. Este mecanismo de manera general se utiliza en la enseñanza presencial en la etapa de evaluación, sin embargo, puede ser empleado en la etapa de ejercitación.

Las estructuras creadas para lograr este comportamiento son la **Variable Base de Datos, Reglas de Conclusión, Textos de**

proposiciones y Conclusiones y Reglas de Producción Generalizadas.

4. SISTEMAS EDUCATIVOS DESARROLLADOS

Se trabaja en el desarrollo de una serie educativa para Matemática, Química, Física y Biología a nivel de bachillerato [4], [15], donde se han integrado los métodos de enseñanza que han sido descritos anteriormente y que posibilitará el entrenamiento de la materia que se imparte. Estos sistemas constituyen una herramienta de gran apoyo al profesor.

Se han desarrollado y puestos en práctica diversos sistemas educativos, entre los cuales se destacan los dirigidos a la enseñanza de:

- La Tabla Periódica de los Elementos Químicos
- Geometría Analítica
- Cálculo Diferencial
- Álgebra
- Trigonometría
- Temperatura y Calor

5. TRABAJOS FUTUROS

Los esfuerzos de investigación encaminados a brindarle mayor potencialidad a los sistemas desarrollados con el lenguaje HARies están dirigidos hacia el desarrollo de:

- Nuevas formas de presentación de preguntas al estudiante con información que enriquezca la ejercitación y facilite su evaluación.
- Escenarios tridimensionales
- Análisis del desempeño individual y colectivo.
- Control del entrenamiento colectivo
- Entrenamiento y ejercitación por niveles de complejidad.
- Generador de exámenes

También se trabaja en la inclusión de algunas posibilidades gráficas para la presentación del comportamiento de los alumnos con el sistema, lo cual transformará los materiales educativos en un sistema integral de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje tanto para el estudiante como para el profesor que enseña la materia. Con todas estas posibilidades y las mencionadas anteriormente, el profesor podrá tener una idea clara del comportamiento individual y por grupo de sus alumnos, lo cual lo posiciona en un nivel superior dentro de su papel como profesor.

Se continúa el desarrollo de los sistemas educativos para completar las series mencionadas anteriormente, de modo que éstas constituyan una herramienta de apoyo dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las materias correspondientes.

6. CONSIDERACIONES FINALES

Aunque la utilización de técnicas de Inteligencia Artificial para la construcción de este tipo de sistemas no es nueva, se ha podido constatar que la utilización de las estructuras presentadas, que forman parte de la herramienta computacional (HARies), permite manejar nuevos conceptos dentro de esta

línea de trabajo, facilitando la construcción de Sistemas Educativos Inteligentes.

Con el desarrollo de diversos sistemas educativos sobre la base del manejo de conocimientos se ha podido constatar que desde el punto de vista de los objetivos educativos se facilitan los siguientes aspectos.

1. Se ha logrado la elaboración de sistemas de mucha interactividad, que le brindan al usuario un ambiente computacional llamativo, que se adapta a sus necesidades y que puede ser de uso constante, pues en cada sesión de trabajo se presentan ejercicios diferentes, tomando en consideración su nivel de preparación. Todas estas características pueden minimizar la desmotivación del alumno en el uso del sistema.
2. Presentación de todas las etapas del proceso de enseñanza aprendizaje, como son: la enseñanza teórica, reforzada por una gran cantidad de imágenes, hipertextos, videos, ejemplos interactivos para explicar leyes y postulados, la enseñanza práctica a través de ejemplos, ejercicios resueltos y propuestos, y la evaluación a través de exámenes prototipo.
3. Uso de diversas estrategias de entrenamiento, que pueden ser utilizadas de forma independiente a elección del usuario.
4. Libre navegación, es decir las etapas o fases de entrenamiento son independientes y no existe una forma rígida de utilizarlas, puesto que ello dependerá de las necesidades del estudiante, de su nivel de preparación y la etapa del aprendizaje donde se encuentre
5. Libre selección de temas, puede elegir cualquier subtema que le interese, en cualquiera de los métodos de enseñanza disponibles.
6. Ubicación muy rápida en el foco de atención solicitado, evitando un trabajo de búsqueda amplia, dada la organización jerárquica construida por la Base de control.

7. REFERENCIAS

- [1] Alonso M. A.: **Máquina de Inferencias para la Representación de Meta-Conocimientos**. Tesis para optar por el Grado Científico de Maestro en Informática Aplicada. ISPJAE. 1996.
- [2] Alonso M. A., De la Cruz A. V.: **Técnicas de Representación de Conocimientos para la Construcción de un Sistema Educativo Inteligente**. Simposium Internacional de Computación. (CIC'98) Pp. 184-196. 1998.
- [3] Alonso M. A., De la Cruz A. V.: **Desarrollo de Sistemas Educativos Utilizando Técnicas de Computación Inteligente**. 1er Coloquio de Investigación en Ciencias de la Computación". Memoria Técnica. Pp. 73-79. 2001.
- [4] Alonso M. A., De la Cruz A. V.: **Serie Educativa Virtual**. Revista: Hifen, v. 26, n. 49/50, jan/dez., 2002. Uruguaiana: Câmpus Universitário II - PUCRS. Edição Especial. ISSN: 0103-1155. Pp.7 – 12. 2002.
- [5] Alonso M. A., De la Cruz A. V.: **Entrenamiento Basado en Ejercicios**. Memorias de la 1ª Jornada de Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas y la Física ITESO 2003. Guadalajara, México. 2003.
- [6] Alonso M. A., De la Cruz A. V.: **Sistemas Educativos Adaptativos**. Memorias del 5to Simposium Estatal de Informática: CiberSeguridad, El Gran Reto del Milenio. UAEH. Pachuca, Hidalgo. México. 2003.
- [7] BECK, J., Haugsjaa E., Stern M.: **Applications of AI in Education**. ACM Crossroads, Student Magazine. 1996.
- [8] De la Cruz A.V., Valdes J.J., Pérez A., Jócik E., Balsa J., Rodríguez A.: **General description of the ARIES environment (version 4.00) for the construction of knowledge-based expert systems**. Segundo Congreso Internacional de Informática (Informática'90). Reporte de participación, La Habana Cuba, 241-258 (1992).
- [9] De la Cruz A.V., Valdés J.J., Jócik E., Balsa J., Rodríguez A.: **Manual de Usuario del Sistema ARIES**. Editorial Academia, La Habana (1992).
- [10] De la Cruz, A.V., Valdés J.J., Jócik E., Balsa J., Rodríguez A.: **"Fundamentos y Práctica de la Construcción de Sistemas Expertos"**. Editorial Academia, La Habana, Cuba. 1993.
- [11] De la Cruz, A. V., Alonso, M. A.: **Teoría para la Construcción de Sistemas Multimedia Inteligentes**. Memorias del Simposium Internacional de Computación CIC'98, México DF, Pp.184-196. 1998.
- [12] De la Cruz, A.V.: **Construcción del concepto de Sistemas Expertos: Ejemplos de Aplicaciones**. Memorias Foro Computación de la teoría a la práctica, México DF. Pp. 262-278. 1999.
- [13] De la Cruz A. V., Alonso M. A.: **Desarrollo de Sistemas Computacionales Inteligentes Híbridos**. 1er Coloquio de Investigación en Ciencias de la Computación". Memoria Técnica. Pp. 66-72 (2001).
- [14] De la Cruz. A. V., Alonso M. A.: **The HArises environment (v6.00) for the development of intelligence systems**. Revista: Hifen, v. 26, n. 49/50, jan/dez., 2002. Uruguaiana: Câmpus Universitário II - PUCRS. Edição Especial. ISSN: 0103-1155. Pp.184 – 186.
- [15] De la Cruz A. V., Alonso M. A.: **Sistemas inteligentes para la enseñanza de Matemática y Física**. Memorias de la 1ª Jornada de Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas y la Física ITESO 2003. Guadalajara, México. 2003.
- [16] Etienne W.: **Artificial Intelligence and Tutoring Systems. Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge**. Morgan Kaufmann Publishers. 1987.
- [17] Galvis, A.: **Ingeniería de Software Educativo**. Ediciones Uniandes. Segunda Impresión. Santa Fe de Bogota, Colombia. 1994.
- [18] Haugsjaa, E., Murray T.: **EON, Authoring Tools for Knowledge-Based Tutors**. Center of Knowledge Communication, Department of Computer Science. University of Massachusetts. 1996.
- [19] Luger, G. F., Stubblefield W. A.: **Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving**. Third Edition. Addison-Wesley. 1998.
- [20] Nigel M., Ainsworth S.: **REEDM: Creating Reusable Intelligent Tutoring Systems**. In Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence in Education. ESRC Centre for Research in Development, Instruction and Training. University of Nottingham, UK 1995.
- [21] Park B.: **AI in Education**. Encyclopedia of Artificial Intelligence, Volume 1. John Wiley & Sons. Pp. 434-444. 1992.