



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**PERFILES  
EDUCATIVOS**

ISSN 0185-2698

**Laureano Cruces, Ana Lilia (1997)**  
**“MULTIAGENTES EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA  
DE ENSEÑANZA INTELIGENTE”**  
**en Perfiles Educativos, Vol. 19 No. 75 pp. 23-33.**

## MULTIAGENTES EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENSEÑANZA INTELIGENTE

Ana Lilia LAUREANO CRUCES\*

*En el presente artículo se propone una técnica para el desarrollo de sistemas de enseñanza inteligentes (SEI), integrando: análisis cognitivo de tareas (ACT), herramientas de representación del conocimiento, en este caso la gráfica genética (GG) y la ingeniería de software (IS), en cuyo caso utilizaremos un paradigma Multiagentes. Se desarrolla un ejemplo mostrando su uso. EL ACT es una herramienta utilizada en la psicología cognitiva, su uso dentro de esta ciencia se enfoca al diseño de patrones de enseñanza de diferentes tópicos, siendo útil sobre todo en aquellos cuya construcción cognoscitiva se considera difícil, como es matemáticas y programación. La GG, por otro lado, es una herramienta poderosa para representar procesos de enseñanza-aprendizaje; finalmente el paradigma Multiagentes nos muestra cómo organizar el producto resultado del análisis y diseño.*



*MULTIAGENTS IN THE DESIGN OF AN INTELLIGENT TEACHING SYSTEM. This paper proposes a technique for the development of intelligent teaching systems (SEI). It integrates : cognitive analysis of duties (ACT), knowledge representation tools, genetics graphycs, in this case we will use a Multiagents paradigm. An Example show its use. The ACT is a tool used in cognitive psychology. Which is focused on the design of teaching patterns of different topics. It is particular y useful in subjects which involve difficult cognitive constructions, such as mathematics and computer programming. The GG is a powerful tool used in representing teaching-learning processes. Finally, the Multiagents paradigm shows us how to organize the product resulted from analysis and design.*

### 1. Análisis Cognitivo de tareas (ACT)

**D**e acuerdo con Castañeda [CASS93], un ACT, está representado por una evaluación basada en descripciones claras del conocimiento semántico, procedimental y estratégico del experto o del estudiante; en nuestro caso particular, como se trata de la modelización de la experiencia que tiene un sujeto en el desarrollo de cierta habilidad, nos referimos al experto. El ACT es un análisis recursivo de tareas, que se realiza con el fin de esclarecer el proceso psicológico implicado en la construcción cognoscitiva del desarrollo de las habilidades. De forma recursiva, se analiza la tarea en subtareas cada vez más específicas, para así conocer con mayor precisión los elementos que componen una tarea global; se le agregan los procesos mentales que subyacen a cada subtarea como son: las estructuras que interactúan y las estrategias involucradas para lograr cada paso de la tarea. En Castañeda [CASS93] se da una explicación más profunda del ACT. De esta forma, dependiendo del enfoque del SEI, podríamos conocer los elementos necesarios para desarrollar una tarea o podríamos encontrar las estrategias utilizadas para resolver esas tareas.

---

\* Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Sistemas.

La creación de patrones de instrucción. Cuando las tareas a enseñar son lo suficientemente complejas, esto es, son del tipo que los psicólogos experimentales encuentran útiles, y se persiguen objetivos de tipo no instruccional.

Especificación psicológica. Se refiere al hecho de saber si el ACT puede conducir a una formalización en términos de descriptores de bloques de procesos para ser reconocidos por la comunidad de investigadores en psicología.

Propiedades del ACT en la capacidad de crear instrucción. Esta parte se orienta a saber sin dentro del ACT están implícitos elementos que nos llevan directamente a una mejor capacidad de instrucción en las diferentes tareas.

Reconocimiento de estados de aptitudes. Esta parte se refiere a que dentro del ACT con fines de enseñanza no podemos dejar de lado las características del alumno y tomar sólo en cuenta las características del alumno y tomar sólo en cuenta las características del experto. De aquí en que éste sea un medio a través del cual puedan ser relacionadas ambas partes, aquí se tomará en cuenta el desarrollo de un experto y las diferencias substanciales de un novato al tratar de volverse experto, esto es, el ACT pone en claro las relaciones que se presentan durante el aprendizaje y las aptitudes requeridas como resultado de la enseñanza.

De lo anterior podemos resumir que el ACT es valioso en el desarrollo de los SEI por su capacidad para crear patrones de instrucción, así como el reconocimiento de estados de aptitudes. Nosotros agregaremos ahora una característica más, la capacidad de encontrar los agentes y los diferentes elementos de software dentro del modelo Multiagentes.

## **2. Predecesores del ACT**

Dentro de los predecesores del ACT tenemos las conductas asociadas (Thorndike Gangné), la psicología gestáltica (Katona, 1940, Wertheimer, 1959 y Luchins &, 1970) y el análisis piagetiano.

Las características principales de estas corrientes han dado origen al actual ACT.

### ***Conductas asociadas***

Su propuesta consistía en un nuevo punto de vista con respecto al proceso general de aprendizaje, se pensaba que el aprendizaje estaba constituido esencialmente por conexiones o límites entre situaciones y respuestas, donde la satisfacción del resultado representaba la fuerza que las formaba, y las reglas pertenecientes a esta acción de pensar se convertían en totales en la medida en que esta acción era ejercitada.

### ***Las jerarquías del aprendizaje de los conjuntos de Gagné***

El aprendizaje por jerarquías está representado por conjuntos de tareas anidadas cuyo orden de transferencia va en sentido de lo simple a lo más complejo. Aquí debe resaltarse un punto, y es el hecho de que las tareas no por ser más simples implican facilidad en el aprendizaje, sino que éstas están incluidas en componentes de mayor complejidad, de esta forma la adquisición de habilidades complejas está representada por la acumulación de habilidades a través de niveles de complejidad creciente.

### ***La psicología gestáltica***

Está relacionada con la percepción y particularmente con el reconocimiento de una estructura. Esta idea, relacionada con el proceso complejo que implica el pensamiento, significa que el entendimiento o penetración será acompañado de una representación visual de un todo, una sola

vez. En esta teoría se habló poco de los esquemas generales para la enseñanza, por eso las nociones existentes implican la necesidad de basar el análisis de tareas en componentes perceptuales y estructurales, en forma tal que la relación con todo el problema sea clara.

### ***El análisis piagetiano***

En cuanto al trabajo realizado en Ginebra, se buscó caracterizar el desarrollo cognoscitivo en términos de una sucesión de estructuras lógicas dirigidas de forma individual en el tiempo. El desarrollo de una tarea para Piaget consistía en descriptores de estructuras lógicas, que subyacen a esa tarea, y de estructuras que ontológicamente eran precedentes y daban nacimiento a las estructuras que se formaban en el curso del desarrollo de las tareas.

Una de las contribuciones más importantes de Piaget al ACT, es la diferencia que estableció entre niños y adultos y la forma de entrar a resolver los problemas, donde ésta depende del conocimiento previamente adquirido y de los procesos disponibles en los niños o en los adultos en el momento de enfrentar un problema.

Estas investigaciones predecesoras del ACT nos permiten resaltar los siguientes puntos de interés por ser útiles en el desarrollo de los SEI, éstos son:

- Un ACT, nos revela la naturaleza compleja de la interacción entre procesos cognoscitivos, estructuras y estrategias, que constituyen una tarea determinada y, por extensión, la enseñanza de esa tarea.
- Del punto anterior se desprende la necesidad de identificar los conceptos y/o habilidades subyacentes a la ejecución de una tarea y de encontrar caminos efectivos para su enseñanza.
- Identificar algún concepto subyacente que sea suficiente para llegar al éxito en la enseñanza, con el objetivo de reducir el efecto de la existencia de muchas habilidades que deben ser combinadas y donde la ausencia de cualquiera de ellas conduce a la incapacidad del aprendizaje de esa TC.
- La enseñanza es delicada por el hecho de que no existen reglas para construir situaciones que conduzcan al aprendizaje mágico de una TC.
- Aún con un ACT, bien hecho y apropiado, la capacidad para identificar los componentes para crear tácticas de enseñanza nos lleva al descubrimiento de la utilización de enseñanza estratégica para resolver esa TC.
- Las diferencias en los estados de competencia entre novatos y los expertos, se piensa que están representadas por ligas creadas en la realización de una tarea, donde éstas han sido aprendidas con el tiempo y reafirmadas con la práctica, una forma sugerida para encontrarlas es jerarquizar la realización de esa tarea por niveles de dificultad.
- Es necesario considerar los cambios de los diferentes estados en el desarrollo intelectual de las personas durante el aprendizaje de una tarea, así como la historia de los cambios de esos estados y los elementos con que se cuenta (habilidades y conocimiento previo) en el instante de comenzar el aprendizaje.

Por lo anterior, podemos concluir que la psicología, dentro de la rama <<procesamiento de información>> representa una herramienta muy útil en el desarrollo de los SEI, dado que nos permite descubrir los elementos medulares en su construcción, como son: los diferentes planes instruccionales enlazados a sus estrategias instruccionales, llegar a las abstracciones deseadas en función de la jerarquización de dificultad de una tarea o en función del reconocimiento de diferentes habilidades para la realización de esa tarea, conocer los diferentes puntos críticos dentro de la

estrategia general y la competencia de los diferentes niveles de dificultad o de las diferentes habilidades, según el caso.

### 3. Obtención del ACT

Una vez que se sabe lo que es el ACT, daremos una breve explicación de los puntos básicos en su obtención, según Castañeda [CASS93].

Se desarrollará una tabla cuyas columnas serán:

1. Pasos del desarrollo
2. Contenido de los pasos
3. Formas de evaluación
4. Tipo de representación
5. Complejidad de los procesos que subyacen a la evaluación

La información de estas columnas se analizará en cada una de las etapas del desarrollo de la tarea (TC) en cuestión.

1. *Pasos del desarrollo.* Tenemos que empezar por conocer los pasos requeridos para el desarrollo de la tarea; esta paso nos va a guiar hacia al descubrimiento de los diferentes conjuntos de conocimiento que interactuarán para darle vida al módulo TUTOR.
2. *Contenidos de los pasos.* En esta columna tenemos que saber qué tipo de conocimiento va a contener cada uno de los pasos y lo vamos a clasificar en: factual, conceptual, procedimental y estratégico. Esta columna nos ayudará a encontrar la mejor representación del conocimiento dentro del sistema.
3. *Formas de evaluación.* Poder conocer cómo se va a evaluar una determinada actividad dentro del tutorial, nos conduce a establecer la competencia de los diferentes niveles de abstracción. Esta parte está representada por la comunicación entre los diferentes conjuntos de conocimiento, en caso de que exista.
4. *Tipo de representación.* Esta columna va unida a la columna de contenido de los pasos; su función, además de la mencionada con anterioridad, es conocer el tipo de planes instruccionales y sus estrategias instruccionales (acciones didácticas) en las que se verá implicado el alumno, para aprender un determinado conocimiento o herramienta.
5. *Complejidad de los procesos que subyacen a la evolución.* En esta columna se clasificará la complejidad en: discriminación simple y múltiple, integración del conocimiento en micro y macro estructuras, generalización. Esto nos lleva a encontrar los elementos esenciales para poder estructurar las estrategias instruccionales que conduzcan al alumno a aprender el conocimiento o la herramienta necesaria para el desarrollo de una determinada tarea.

El siguiente ejemplo muestra el desarrollo del ACT de análisis de armaduras por el método de los nodos, que es una tarea de nivel de complejidad bastante alto y se estudia en el cuarto semestre de ingeniería. La tabla 1 muestra un abstracto del ACT de dicha tarea. La subdivisión de los pasos es:

- P1. Identificar límites de la estructura
- P2. Conceptuar a la estructura en un Diagrama de Cuerpo Libre (D.L.C.).
- P3. Obtener las fuerzas necesarias para el análisis (reacciones).
- P4. Integrar el resultado de estas incógnitas al D.L.C.

- P5. Realizar una inspección visual para aplicar reglas de simplificación de trabajo de barras.  
 P6. Obtener el resto de fuerzas que actúa en las barras.

Los números tienen un diferente significado de acuerdo con la columna a la que pertenezcan.

Contenido de los pasos:

- 1 : Factual
- 2 : Conceptos
- 3 : Procedimiento y estrategias.

Formas de evaluación:

- 1 : Analogías y preguntas.
- 2 : Problemas propuestos por el sistema y miniexámenes.

Tipo de representación:

- 1 : Analogías (ejemplos).
- 2 : Representación en reglas.

Complejidad de los procesos que subyacen a la evaluación:

- 1 : Discriminación simple y múltiple.
- 2 : Integración del conocimiento en micro y macro estructuras
- 3 : Generalización.

Tabla 1

Especificación del ACT de la tarea análisis de armaduras tomando en cuenta el conocimiento implicado				
Pasos De desarrollo	Contenido de los pasos	Formas de evaluación	Tipo de representación	Complejidad de los procesos que subyacen a la evaluación
P.1	1	1	1	1
P.2	2	2	2	2
P.3	2	2	2	1 y 2
P.4	1	1	1	1
P.5	1	1	1	1
P.6	3	2	2	3

## 4. La gráfica genética (GG)

### 4.1. Un trasfondo teórico

Piaget dedicó sus últimos años de estudio a dilucidar una serie de problemas filosóficos, concretamente epistemológicos. La epistemología trata de la teoría del conocimiento, en donde se plantea una serie de preguntas: ¿puede alcanzarse un conocimiento real? ¿cuáles son los orígenes del conocimiento? ¿adquirimos el conocimiento razonando o mediante una experiencia directa con el mundo externo? ¿cuáles son las relaciones que existen entre una persona y su medio ambiente? ¿existe alguna diferencia entre lo que las cosas parece que son y lo que realmente son? Piaget abordó estos problemas tanto en un marco biológico, como psicológico; cuando pensaba en la adquisición del conocimiento de forma individual, tendía a pensar en términos de embriología.

Gracias a su desarrollo, las estructuras mentales toman forma colectivamente distintas, pero al mismo tiempo retienen una misma continuidad, puesto que cada una de ellas parte de estructuras previas.

Durante mucho tiempo los problemas cognoscitivos han sido analizados sin tomar en cuenta el factor temporal, lo que implica que, o son estudiados en el estado niño o en el estado adulto. Piaget introdujo una nueva dimensión al problema mediante un análisis de los datos psicológicos, tomados desde una perspectiva evolutiva.

En esta teoría, el sujeto es considerado como un agente activo durante el proceso cognoscitivo. En la teoría, de Piaget se subraya la interacción de estructuras cognoscitivas actuales y de nuevas experiencias, de acuerdo con intereses específicos y el desarrollo posterior de la comprensión. Con base a esto el sujeto recibe estructuras por herencia que le permiten interactuar con el mundo exterior y elaborar esquemas para interpretar la realidad y actuar sobre ella.

### 4.2. La gráfica genética de Ira Goldstein

Al tener como fuente de inspiración la teoría anterior y haciendo énfasis en la evolución, Ira Goldstein propone una forma de representar el conocimiento, para modelar al estudiante en proceso tutorial, ayudando además al tutor en dicho proceso [GOLI79].

Su topología consiste básicamente en agrupar los conceptos o actividades relacionados en islas y unirlos a otras por medio de enlaces. Ahora bien, estas relaciones pueden ser de orden o de inclusión y se pueden representar elementos como generalización, especialización y analogía entre otros; estos elementos son medulares cuando hablamos de procesos de enseñanza-aprendizaje, como en el caso de las jerarquías anidadas de Gagné. En esta gráfica también podemos registrar la historia y el estilo de aprendizaje de un estudiante, al tomar en cuenta las islas visitadas y la predilección de enlaces utilizados en el recorrido del estudiante durante el aprendizaje. Su potencialidad puede ser utilizada en otros campos donde no necesariamente se tenga que llegar a un producto final de *software*, como podría ser la planeación de tópicos en una clase, en cuyo caso se esclarecerían los puntos críticos durante el proceso de enseñanza con base en la cantidad de enlaces que salen y/o llegan a determinadas islas.

La GG formaliza la evolución de las reglas procedurales al ser representadas éstas como nodos y sus interrelaciones como enlaces. Las relaciones que se pueden modelar son:

**G**eneralización/Especialización  
**A**nalogía

**Divergencia/Conexión**  
**Simplificación/Refinamiento**

Las autoras Bretch y Jones [BREB87] incrementan estas relaciones de acuerdo con su problema particular

**Componente**  
**Referencia**  
**Corrección**

Existen otros tipos de enlaces que representan evolución entre reglas, y son:

**G:** R' es una generalización de R, si R' es obtenida a partir de R cuantificada sobre alguna constante.

**A:** R' es análoga a R, si existe un mapeo de las constantes R' a las constantes R.

**R:** es un refinamiento de R, si R' manipula un subconjunto de los datos manipulados por R, sobre la base de propiedades de especialización.

**D:** R' es una divergencia de R, si R' tiene el mismo propósito de R, pero falla para llegar a ese propósito por algunas circunstancias.

**S:** Simplificación es la relación inversa del refinamiento. Representa la evolución de una regla que toma en cuenta un conjunto más fino de distinciones.

**Cor:** Corrección es la relación inversa de la divergencia.

Bretch y Jones también incrementan ese tipo de enlaces:

**C:** R' es un componente de R, si R' es un elemento necesario de R.

**SR:** R' está conectada a R, por un enlace de referencia a sí mismo, si R' es un componente de R y R' es la misma operación o procedimiento de R, pero con diferentes parámetros.

Los enlaces que se utilizaron en el ejemplo en cuestión son:

**PRE:** este enlace implica un orden de precedencia <<antes que>>.

**POST:** este enlace implica un orden de posterioridad, un conocimiento al que se puede acceder <<después de>>, cubrir el conocimiento al que está enlazado.

**A:** <<analogía>>, cuando dos islas están enlazadas por este tipo de enlace, lo que implica es que existe un mapeo de las constantes de una isla a las constantes de la otra isla.

**C:** <<componente>>, este enlace implica que un conocimiento está <<compuesto por>>.

Nos ayudaremos de este tipo de representación para organizar la tarea después de un primer acercamiento con el ACT de la tabla 1, figura 1 muestra esta representación.

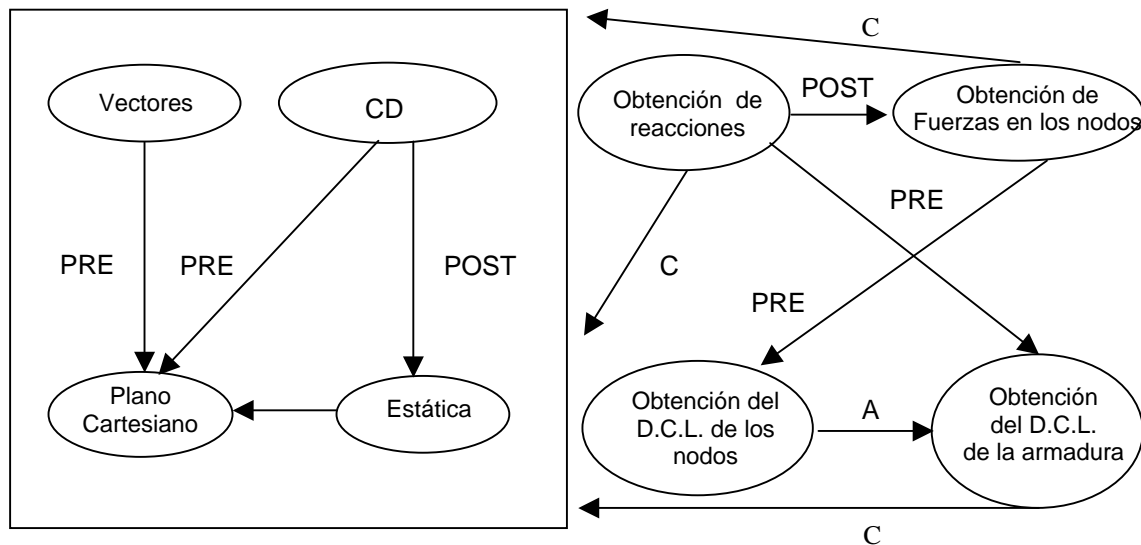
La figura 1 está compuesta básicamente por dos partes, una llamada Componente Básico, que representa los elementos más simples del dominio, es decir aquí estamos almacenando el dominio de trigonometría, vectores, plano cartesiano y estática.

En la otra parte estamos representando el orden del procedimiento de la tarea análisis de armaduras, basándonos en los enlaces existentes entre las diferentes islas.



Estos últimos, además de implicar el orden de ejecución de la tarea, indican las relaciones y los datos de entradas y salidas que habrá entre las islas y los diferentes niveles de abstracción (pueden o no existir) a los cuales representan dentro de la ejecución del STI. Esta parte también está relacionada con la obtención de: los puntos críticos de la estrategia general y de la competencia de los diferentes niveles.

FIGURA 1  
Representación de la organización del conocimiento utilizando la gráfica genética  
Componente Básico



## 5. Arquitectura de Multiagentes en software

Los SEI pueden ser clasificados como sistemas interactivos. Dentro del proyecto de investigación Espirit BRA 3066 AMODEUS, se diseñó una arquitectura Multiagentes. Uno de los propósitos de esta investigación era proporcionar una guía efectiva para el desarrollo de sistemas interactivos, así como representar al sistema en un marco de diferentes niveles de abstracciones con el fin de poder lograr una organización paralela de Multiagentes.

Una de las principales investigadoras de este proyecto es Nigay Lawrance, del Laboratorio de Génie Informatique de Grenoble, Francia [NIGL93], [NIGL94].

En esta sección realizaremos una fusión de los productos obtenidos del ACT y la Gráfica Genética (GG) para traspolarlos a la arquitectura Multiagentes y desarrollar el análisis del software de los SEI.

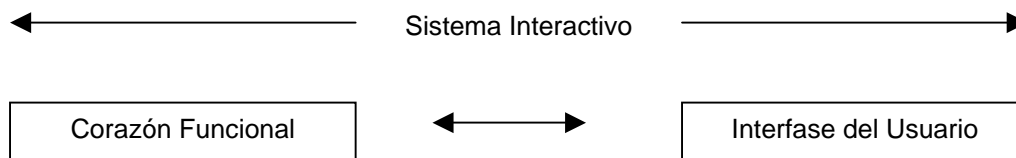
Las implicaciones de esta arquitectura Multiagentes en términos de ingeniería de software son:

- Un agente es una unidad modular.
- Un agente es una unidad computacional.
- Un agente mantiene un estado local.
- En un instante dado un agente puede escuchar varios eventos o producir varios eventos.

Dentro de las ventajas de estos agentes está el hecho de que soportan el desarrollo de oportunidades por parte del usuario final, así como múltiples entradas y salidas paralelas. En este punto es necesario aclarar que las especificaciones externas son un punto primordial para poder llegar a la división de estos sistemas en agentes. En este artículo revisaremos cómo estos agentes pueden ser modelados con la ayuda del ACT y de la GG.

## Organización de un sistema interactivo

La arquitectura Multiagente fue desarrollada tomando como base la arquitectura para un sistema interactivo.



El corazón funcional representa la implementación de los conceptos dependientes del dominio.

La interfase del usuario representa la cara del sistema.

Del modelo anterior nace el modelo Multiagente.

La anatomía de un agente consta de tres partes básicamente:

- Una presentación (P)
- Una abstracción (A)
- Un control de diálogo (CD)

La presentación representa la parte del agente que es vista por el mundo; está relacionada con alguna técnica de presentación.

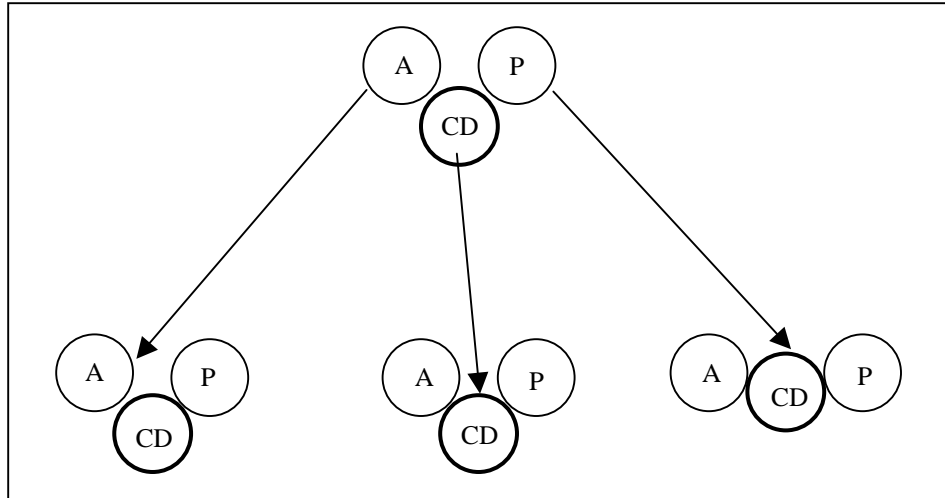
La abstracción representa el estado local del agente; es la parte donde se encuentran los objetos conceptuales para poder acceder al dominio.

En cuanto a la parte llamada controlador de diálogo, es aquí donde se lleva a cabo la coordinación entre la abstracción y la presentación y la coordinación con otros agentes, en caso de ser necesaria.

Este tipo de arquitectura, además, soporta la jerarquía, como se observa en la figura 2, que es útil porque puede expresar:

- La continuidad en los niveles de abstracción.
- Algunas relaciones entre agentes.
- Coordinación de sub-agentes por un agente de nivel superior.

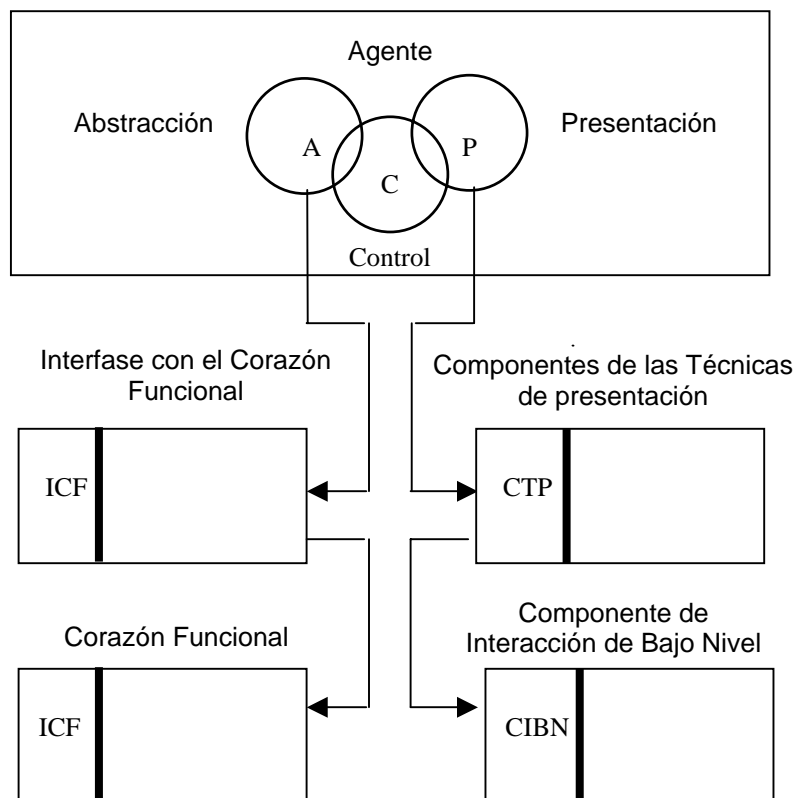
FIGURA 2



Ahora bien, cada parte de la abstracción de un agente consta de un componente que representa la interfase con el corazón funcional (ICF) que será el puente entre lo que el agente debe hacer con el dominio (los objetos conceptuales) y el corazón funcional (CF), que está constituido por los elementos del dominio, y cada parte de la presentación consta de un componente que contiene las técnicas utilizadas en la presentación (CTP) del sistema hacia el exterior, que a su vez consta de un componente que será el receptor directo de los elementos en el más bajo nivel de abstracción (CIBN), esto es: mouse, teclado, etcétera.

Lo anterior queda representado en la figura 3.

FIGURA 3



Una vez logrado lo anterior, debemos trasladarlo a la computadora. La siguiente sección tratará sobre la forma en que se pueden traspolar los productos obtenidos del ACT y la GG a una arquitectura de software Multiagentes.

## 6. Encontrar los elementos del software

*¿Cómo nos puede ayudar el ACT a encontrar elementos?*

Dentro de cada uno de los pasos secuenciales del ACT, podemos encontrar elementos para desarrollar el software:

1. *Pasos del desarrollo.* Esta columna nos ayuda a modelar el componente de las técnicas de presentación (CTP), que es la cara del sistema al alumno, y nos ayuda a encontrar la interacción de los diferentes niveles de dificultad en caso de existir y/o la comunicación entre las diferentes etapas del desarrollo.
2. *Contenido de los pasos.* Esta está relacionada con el corazón funcional (CF).
3. *Formas de evaluación.* Esta columna está relacionada con los niveles de dificultad; en otras palabras, no se puede pasar a aprender a manipular los conceptos en fases del desarrollo más complejas si aún no se dominan las anteriores.
4. *Tipo de representación.* Esta columna muestra la mejor representación del conocimiento para aquello que se va a enseñar, es decir el dominio que esta representado por el corazón funcional (CF), tomando en consideración cómo se va a manipular este dominio, es decir, la interfase con el corazón funcional (IFC).
5. *Complejidad de los procesos que subyacen a la evolución.* Esta columna y la anterior están unidas, ya que es necesario saber qué se va a enseñar (CF) y cómo se va a enseñar (ICF) para, de esta forma hilar planes instruccionales y estrategias instruccionales ad-hoc.

*¿Cómo nos puede ayudar la GG a encontrar estos elementos?*

En el ejemplo expuesto, si nos abocamos al Componente Básico de la figura 1, encontraremos los elementos más simples del dominio, y esta parte estará representada con el CF, lo que significa que será aquí donde almacenaremos el dominio de trigonometría, vectores, plano cartesiano y estática. La otra parte del procedimiento la vamos a relacionar con los agentes del esquema Multiagente, lo que significa que tendremos agentes de obtención de reacciones, fuerzas en las barras D.C.L. de los nodos y D.C.L. de la armadura, que finalmente quedarán inmersos en un agente que los controlará y que será el Módulo Tutorial representado en la figura 5.

Los enlaces que salen de las islas de conocimiento hacia el componente básico, están relacionados con el componente interfase con el corazón funcional (IFC), que vienen siendo las diferentes vistas conceptuales que los agentes tienen de un mismo dominio y serán las diferentes formas en que, de acuerdo con sus propósitos, los agentes la manipularán (plano cartesiano, vectores, trigonometría, estática). Estos enlaces también implican las relaciones entre los agentes y los datos de entrada y salida que existirán entre los agentes dentro de los diferentes niveles de abstracción, los cuales están representados en las etapas de la ejecución.

La figura 4 muestra la anatomía de cada uno de los sub-agentes.

Dado que todos los agentes son iguales con respecto a su anatomía y son autónomos, es decir, no existe comunicación entre ellos, exceptuando el de obtención de fuerzas, donde sí existe una jerarquía (Figura 5), lo único que variaría en estos diagramas serían los nombres de los diferentes agentes.

De esta forma podremos organizar finalmente el Módulo Tutorial que controlará el proceso de tutoría, que ha sido descompuesto en agentes y sus relaciones, esto lo podemos observar en la figura 5.

### ***¿Y los demás módulos del SEI?***

Estos módulos son la interfase, el módulo del dominio, el modelo del alumno y módulo experto. De éstos, la interfase y el dominio tienen una representación explícita en esta arquitectura, y son la abstracción (A) y la presentación (P) de la anatomía del agente (Figura 3). El modelo del estudiante quedaría inmerso en el desarrollo y seguimiento de los enlaces en tiempo de ejecución de la GG, y el que debería tener un tratamiento especial sería el módulo experto que a fin de cuentas no sería más que otro agente al que habría que analizar y determinar en la interacción con el agente tutorial.

### **Conclusiones**

Realizar SEI es una labor titánica, debido a la complejidad en el desarrollo que entrañan cada uno de sus elementos (modelo del alumno, modelo tutorial, dominio interfase), además de la complejidad de la tarea cognoscitiva a modelar del software a desarrollar. A través de este artículo se desea hacer hincapié en la importancia de la utilización de herramientas que nos permitan esclarecer lo que en un principio parece difuso y difícil de lograr.

Considero que al ACT es un punto primordial y la base en cualquier desarrollo de un SEI. Este análisis es el principio de un arduo camino para comenzar a esclarecer los puntos e hilvanarlos hacia el sistema de software.

Así también se hace patente la diferencia entre los grupos que se dedican al instruccionalismo, a la pedagogía y a la inteligencia artificial por separado y se destaca la necesidad de la colaboración interdisciplinaria para realizar los Sistemas de Enseñanza Inteligentes, todo esto incluyendo al experto en el dominio que se elija como material de enseñanza. En este trabajo se manifiesta la colaboración y la importancia de las ciencias no computacionales en un producto final de software. Quiero remarcar, que, sin ellas, el producto de software sería una ínfima calidad.

Por todo lo anterior, en este artículo propongo una técnica de desarrollo utilizando varias herramientas: análisis cognitivo de tareas, gráfica genética y modelo multiagentes.

FIGURA 4

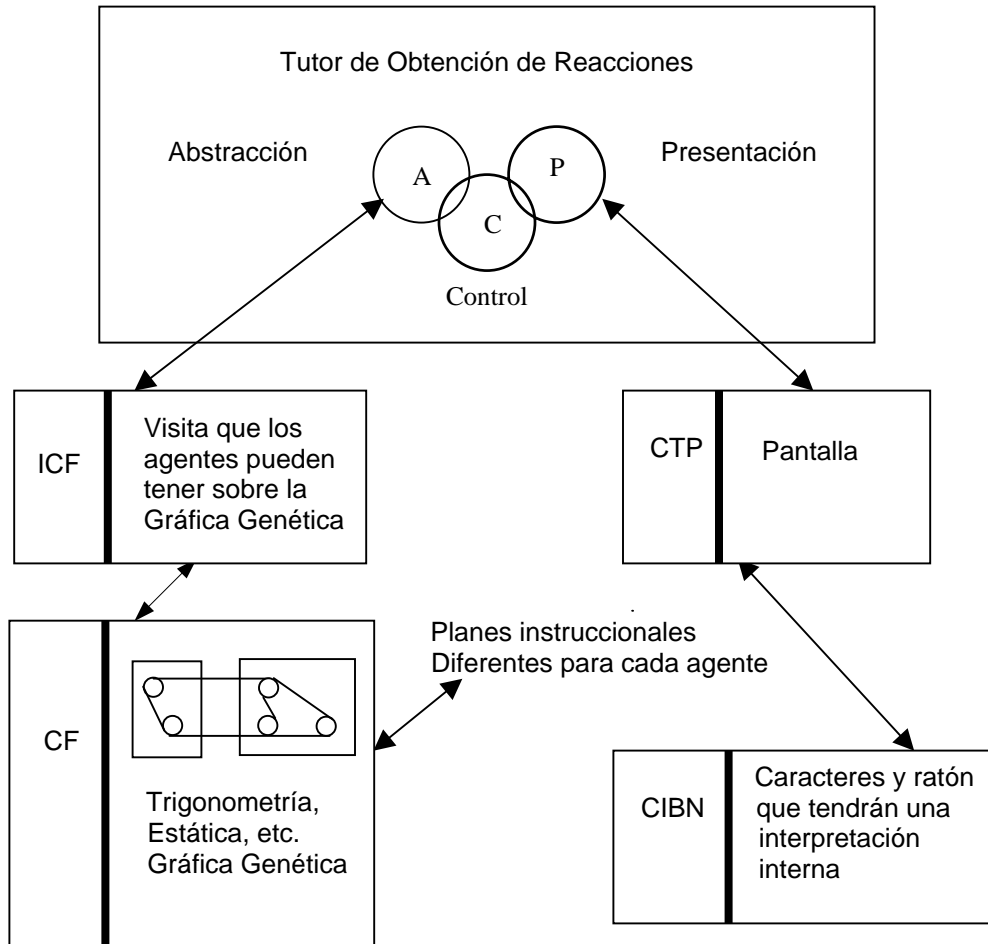
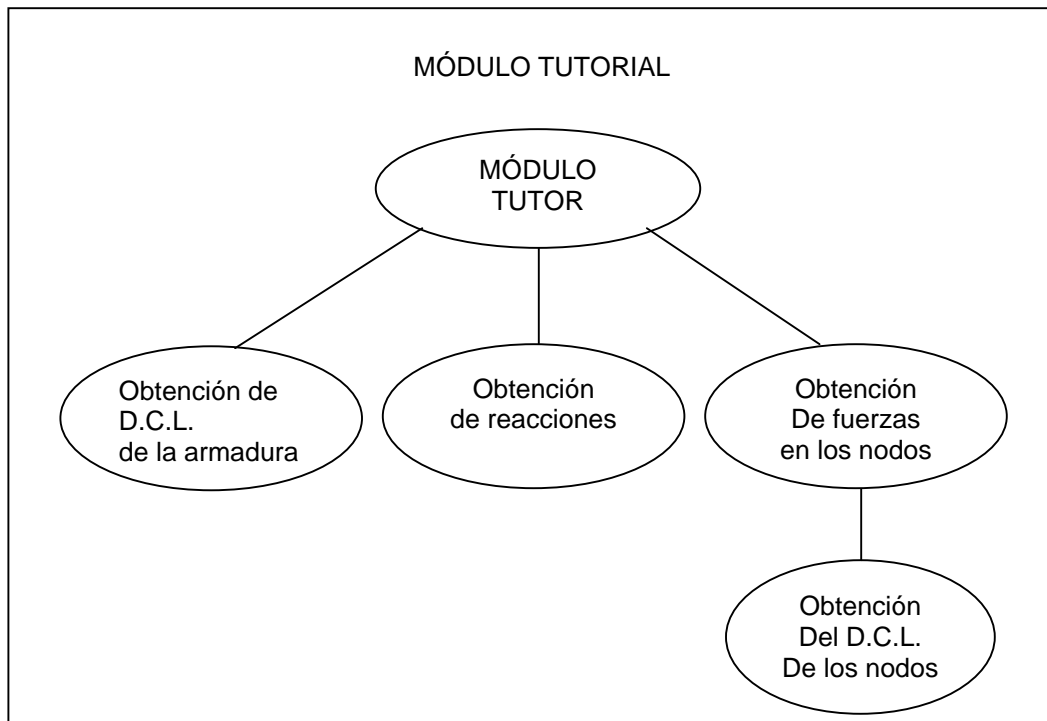


FIGURA 5



## BIBLIOGRAFÍA

- [ALOC94]. ALONSO Catalina et al.  
1994. Los estilos del aprendizaje. Bilbao, Ediciones Mensajero.
- [ANDJ81]. ANDERSON J. et. al.  
"Acquisition of Problem Solving Skill", in J. R. Anderson (eds.). Cognitive Skill and Their Acquisition. Hillsdale, N.J., Erlbaum: 191-230.
- [ANDJ88]. ANDERSON J.  
1988. "The Expert Module", in Foundations in Intelligent Tutoring Systems. Hove & London, Lea eds. (capítuloll)
- [BAJM91]. BAJO, Ma. Teresa y CAÑAS José  
1991. Ciencia cognitiva. Madrid, Editorial Debate.
- [BEEJ80]. BERR y JOHONSON  
1980. Mecánica vectorial para ingenieros TOMO I. Mc Graw Hill.
- [BERJ93]. BERMON, Jean Claude et al.  
1993. "Theorie des graphes", Le Courier du CNRS, no. 80 (Meudon, Francia).
- [BORM93]. BORILLO, Mario  
1993. "De l'informatique a la cognition", Le Courier du CNRS, no. 80 (Meudon, Francia).
- [BREB88].BRETCH B. et al.  
1988. "Students Models: the Genetic Graph Approach", Man Machine Studies, 28:483-504.
- [CASS93]. CASTAÑEDA Sandra  
Procesos cognitivos y educación médica. Mexico, UNAM, Facultad de Medicina (Serie Seminarios no. 1).
- [CASS94]. CASTAÑEDA Sandra  
1993. Cátedra José Gómez Robleda. UNIDAD 3 y UNIDAD 4. México, UNAM, Facultad de Psicología.
- [CARJ70]. CARBONELL, J.  
1970. "AI in CAI: An Artificial Intelligence Approach to Computer Assisted Instruction", IEEE Transactions on Man Machine Systems, Mms 11 (4):190-202, December.
- [CARS83]. CARD S. et al.  
1983. The Psychology of Human Computer Interaction. Hills-dake, N.J., Erlbaum.
- [ELOJ95]. ELORRIAGA, Fernández y GUTIÉRREZ  
1995. "Sistema tutores inteligentes y aprendizaje automático", Revista Informática y Automática, Vol. 28-4:3-18 (Madrid).
- [FERI89]. FERNÁNDEZ I.  
1989. Estrategias de enseñanza en un sistema inteligente de enseñanza asistida por ordenador. Tesis doctoral de la Universidad del País Vasco, San Sebastián.
- [FERJ93]. FERBER, Jacques  
1993. "L'intelligence artificielle distributé", Le Courier du CNRS, no. 80 (Meudon, Francia).
- [GARA93]. GARCÍA, Angélica  
1993. Agentes computacionales cognitivos reactivos en la modelación de la conducta visuomotora de la rana. Tesis de Maestría de la Universidad Nacional Autónoma de México, IIMAS.
- [GARM95]. GARCÍA-ALEGRE María et al.  
1995. "Complex Behavior Generation on Autonomous Robots: a Aase Study", Man & Cybernetics, Vol. II, octubre: 1729-1734, Vancouver, British Columbia, Canadá.

- [GINH86]. GINSBURG, H. y S. OPPER,  
1986. Piaget y la teoría del desarrollo intelectual. Prentice Hall.
- [GOLI79]. GODSTEIN, I.  
1977. "The Genetic Graph: a Representation For The Evolution of Procedural Knowledge", *Man Macine Studies*, 11:51-77.
- [HALH88]. HALF. H.  
1988. "Curriculum and Instruction In Automated Tutors", in *Foundations in Intelligent Tutoring systems*. Hove & London, Lea eds. (capítulo IV)
- [HUAT80]. HUANG, T. C.  
1980. *Mecánica para ingenieros*. TOMO I. Representación y Servicios de Ingeniería S. A.
- [LAUA92]. LAUREANO, Ana.  
1992. Introducción a la mecánica estructural por medio de la animación por computadora. Reporte de investigación, no. 286. México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Sistemas.
- [LAUA93]. LAUREANO, Ana.  
1993. "Tecnologías orientadas a objetos", revista *En Línea*, Vol. 1, número 2:26-30 (Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco).
- [LAUA93]. LAUREANO, Ana.  
1993. "Multimedios y cognición", revista *Perfiles Educativos*, no. 62:38-41
- [LAUA94]. LAUREANO, Ana.  
1994. "Inteligencia artificial e inducción", revista *En Línea*, Vol. 1, número 4:7-12 (Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco).
- [LAUA95]. LAUREANO, Ana.  
1995. "Herramientas para la representación del conocimiento en sistemas de inteligencia artificial", revista *En Línea*, Vol. 1, número 5:14-22 (Universidad Autónoma Metropolitana. Azcapotzalco).
- [LAUA96]. LAUREANO, Ana.  
1996. *Introducción a la programación orientada a objetos: un enfoque con tipos abstractos de datos y estructuras de datos*. México, Universidad Autónoma Metropolitana.
- [LAUA96 ]. LAUREANO, Ana y José NEGRETE  
1996. "Una arquitectura reactiva en sistemas de enseñanza inteligentes", *Memorias de Informática Educativa*. Madrid, UNED.
- [MAEP93]. MAESS, Pattie  
1993. *Designing Autonomous Agents*, *Designing Autonomous Agents: Theory and Practice from Biology to Engineering and Back*. The MIT Press, London, Cambridge, Massachusetts.
- [MILD76]. MILLS, Dale  
1976. "Cognition and Instruction", *Task Analysis in Instructional Design: Some Cases from Mathematics* (Capítulo 3).
- [NEGJ92]. NEGRETE, José  
1992. *De la filosofía a la inteligencia artificial*. Grupo Noriega Editores.
- [NIGL91]. NIGAY, Lawrence et al.  
"Building User Interfaces Proceedings. Commission of the European Communities.
- [RAMJ94]. RAMÍREZ, Javier  
1994. "La teoría de las gráficas", revista *En Línea*, marzo. Traducción comentada del artículo original [BERJ93] (Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco).



- [RASJ86]. RASMUSSEN, Jens  
1986. Information Processing Human-Machine Interaction. An approach to Cognitive Engineering. NORTH-HOLLAND.
- [RICJ89]. RICKEL, Jeff  
1989. "Intelligent Computer Aided Instruction: A Survey Organized Around Systems Components", IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 19, No. 1, January-February.
- [RYDJ93]. RYDER, M. Joan et al.  
Integrating Cognitive Task Analysis into Instructional Systems Development. Borrador del trabajo presentado en la V Conferencia Europea de Investigación sobre Aprendizaje e Instrucción.
- [SLED82]. SLEEMAN, D. et al.  
1982. Intelligent Tutoring systems: an Overview. Academic Press:1-11
- [SOML93]. SOMBÉ, Léa  
"Informations incomplètes, informations contradictoires", Le Courrier du CNRS, no. 80 (Meudon, Francia).
- [URRM91]. URRETA VIZCAYA, Maite  
1991. Sistema para la detección, diagnóstico y corrección de errores en un sistema tutor inteligente. Tesis doctoral de la Universidad del País Vasco, San Sebastián.
- [VANK88]. VANLHEN, K.  
1988. "Student Modeling", in Foundations in Intelligent Tutoring Systems. Hove & London, Lea eds. (capítulo III).
- [WOOB84]. WOOLF, B. et al.  
1984. "Building a Computer Tutor: Design Issues", Computer IEEE:61 73.
- [WOOD71]. WOODS, P. et al.  
1971. "Some Learning Models for Arithmetic Task and Their Use in Computer Based Learning", British Journal for Education Psychology, Vol 41:35-48