

**ENFOQUE PARA EL DESARROLLO DE UN  
SISTEMA TUTOR INTELIGENTE BASADO EN  
COMPETENCIAS.**

**Memoria de Investigación**

**DOCTORADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN  
CONVENIO UMA - UNNE – UNaM - UTN**

**Miguel Mateo Badaracco**

Dirigida por el profesor

**D. Luís Martínez López**



1. Introducción.....	5
1.1 Motivaciones .....	6
1.2 Propósito y Objetivos .....	7
1.3. Estructura.....	8
2. Enseñanza Basada en Competencias (EBC).....	9
2.1 Caracterización de la EBC.....	9
2.2 Las competencias.....	10
2.3 Experiencias EBC en la educación superior.....	11
2.4 Diseño curricular basado en competencias (DCBC).....	12
2.4.1 Caracterización del DCBC .....	13
2.4.2 Análisis funcional para la definición de las competencias de un perfil.....	14
2.4.3 Fases del análisis funcional .....	15
2.4.4 Resultados del análisis funcional.....	17
2.4.5 Normas de competencias .....	19
2.5 El proceso de DCBC.....	24
2.5.1 Proceso inicial de DCBC.....	24
2.5.2 Capacidades, normas y DCBC .....	25
2.5.2 Capacidades, normas y DCBC .....	26
2.5.3 Características del DCBC.....	26
2.5.4 Elementos de DCBC.....	27
2.5.5 El módulo .....	27
3. Sistemas Tutores Inteligentes - STI.....	29
3.1 Caracterización de los STI.....	29
3.2 Arquitectura.....	30
3.3 Modelo del dominio (o Módulo experto) .....	31
3.4 Modelo del alumno.....	32
3.5 Modelo pedagógico (modelo de instrucción) .....	35
3.6. Modelo de Interfaz.....	36
3.7 El modelado del STI y el problema de su implementación.....	37
3.7.1 STI diseñados para cubrir un dominio específico .....	38
3.7.2 STI diseñados para satisfacer dominios genéricos .....	41
3.9 Conclusiones del capítulo.....	44
4. Arquitectura del modelo STI-C propuesto .....	45

4.1 Aproximación intuitiva a la relación DCBC – STI-C .....	45
4.2 Descripción de la arquitectura propuesta para el STI-C.....	49
4.3 Modelado basado en competencias .....	51
4.3.1 Modelo de dominio.....	51
4.3.2 Modelo del alumno basado en competencias - MAC.....	56
4.3.3 Diagnóstico basado en competencias .....	56
5. Conclusiones y trabajos futuros.....	67
5.1 Conclusiones.....	67
5.2 Trabajos futuros.....	68
6. Anexo 1 .....	69
7. Bibliografía.....	73

# 1. Introducción

Un Sistema Tutor Inteligente (STI) tiene por objetivo la enseñanza personalizada incorporando técnicas de inteligencia artificial (IA). Su principal característica es la adaptación dinámica de la instrucción de acuerdo al perfil y actividad del alumno, para ello considera atributos como estilo de aprendizaje, nivel de competencias, recursos instruccionales utilizados, niveles de logros alcanzados, evaluaciones, interacción realizada, etc. Más formalmente Wenger (1987) define:

*“Un STI utiliza técnicas de IA, principalmente para representar el conocimiento, y dirigir una estrategia de enseñanza; y que es capaz de comportarse como un experto, tanto en el dominio de conocimiento que enseña (mostrando al alumno cómo aplicar dicho conocimiento), como en el dominio pedagógico, donde es capaz de diagnosticar la situación en la que se encuentra el estudiante, y de acuerdo a ello, ofrecer una acción o solución que le permita progresar en el aprendizaje.”*

Autores como Sleeman y Brown (1982), Polson y Richarson (1988) coinciden en definir la arquitectura general de un STI conformada por cuatro componentes:

- a) modelo de dominio
- b) modelo del alumno
- c) modelo instruccional
- d) modelo de interfaz

Cada uno de estos componentes asume distintas funciones interactuando entre si.

La manera de estructurar e interaccionar los componentes de un STI dependerá en gran medida del modelo pedagógico de referencia (implícito o explícito), esto determina el desarrollo curricular, condicionando el método de diagnóstico (evaluación), la secuenciación y presentación de contenidos, la organización y tipo de actividades, la actualización del modelo, etc.

## 1.1 Motivaciones

Una de las metas en el diseño de un STI es emular de forma aproximada las buenas prácticas docentes, ¿pero en la actualidad, cuales son las buenas practicas docentes?, consideramos junto con Perrenoud (2004) que algunas de las cualidades importantes que debe poseer un docente (tutor) son: guía, orientador, motivador, presentador de problemas, provocador. Y desde una visión socio-constructivista debe tener capacidades de apoyar el recorrido del alumno, diseñar situaciones y ofrecer las ayudas adecuadas para la superación de los obstáculos en el aprendizaje. Resumiendo, las buenas prácticas docentes son aquellas que contribuyen a la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes que adecuadamente movilizadas en situaciones de aprendizaje específicas conducen al desarrollo gradual de competencias<sup>1</sup>; por lo tanto un STI debe contribuir al logro del mismo objetivo, ya sea sustituyendo<sup>2</sup> o complementando al profesor.

Un STI conjugará una propuesta formativa sobre un determinado dominio de conocimiento (asignatura, rol profesional, capacidades específicas, etc.) por lo tanto, en su concepción subyacen criterios pedagógicos asumidos explícitamente o implícitamente por el diseñador.

Desde la perspectiva de la enseñanza, toda propuesta formativa se sustenta en el diseño curricular<sup>3</sup> en el marco de un modelo pedagógico de referencia (Santángelo, 2000).

La Enseñanza Basada en Competencias (EBC) es un modelo educativo emergente que busca dar repuesta a las demandas del contexto y que actualmente se impone con fuerza en diversos ámbitos educativos (Proyecto “*Tuning Latinoamérica /Europa*”, proyecto “*6x4 – UEALC. Seis Profesiones en cuatro ejes de análisis*”), en este marco el diseño curricular basado en competencias (DCBC) supone una perspectiva interactivo-sociocultural del

---

<sup>1</sup> Al hablar de competencias nos referimos a un saber hacer y actuar en contexto. El concepto de competencia lo abordaremos con más detalle en el desarrollo del trabajo.

<sup>2</sup> Si enmarcamos la situación en la modalidad educativa a distancia donde la característica principal es la separación docente-alumno, resultará conveniente poner énfasis en el diseño y organización didáctica de los materiales, así como algunas cualidades especiales del tutor en esta modalidad.

<sup>3</sup> Coincidimos con Catalano, A., et al. (2004) al considerar que: el concepto de diseño curricular reemplaza al clásico concepto de plan de estudios. Mientras éste enuncia la finalidad de la formación en términos genéricos y a través de un ordenamiento temporal de las materias que se deben enseñar, el diseño curricular es un documento más amplio que incluye, además, los distintos elementos de la propuesta formativa: intenciones, objetivos, contenidos, secuencia de contenidos, marco metodológico, criterios de enseñanza y evaluación.

currículum (Zalba, 2006), es decir, de un currículum derivado del contexto y de las necesidades e intereses de los destinatarios (Catalano, A., et al. 2004).

Asumido lo anterior, pensamos que un STI con un modelo pedagógico de referencia EBC y cuyo diseño de componentes estén orientado desde los principios del DCBC puede contribuir con un nexo coherente entre la arquitectura del STI y los objetivos de la propuesta formativa, que en definitiva mejorará la calidad de la propuesta beneficiando a todos los actores: alumnos, docentes expertos, diseñadores y la sociedad en general demandante de competencias y capacidades ajustadas a sus necesidades.

## 1.2 Propósito y Objetivos

El propósito general de este trabajo de investigación se centra en proponer un modelado de componentes partiendo de un modelo pedagógico subyacente basado en el perfil de competencias en un área o dominio determinado. La propuesta supone derivar una arquitectura STI genérica orientada desde los principios del diseño curricular basado en competencias (DCBC), una arquitectura de este tipo proveerá al docente experto de una plataforma que posibilite la implementación de una propuesta formativa más transparente desde el DCBC al SIT-basado en competencias (STI-C).

Los objetivos que nos proponemos conseguir con este STI-C son:

- Facilitar y mejorar los resultados de las implementaciones ya que la comprensión sobre el funcionamiento del STI-C por parte del docente experto será mayor por estar estrechamente asociado con el DCBC (del cual el docente también es experto).
- Apoyar el modelo de EBC que actualmente emerge con fuerza como nuevo (renovado) paradigma educativo y con tendencia a crecer.
- Mejorar la calidad y pertinencia de las propuestas formativas implementadas, ya que al posibilitar cristalizar el DCBC, desde la génesis ya está cubriendo las

demandas de capacidades del contexto y en el sujeto el desarrollo de las capacidades demandadas.

- Integrar al STI-C un modelo de diagnóstico basado en Test Adaptivos Informatizados – TAI cognitivos (Guzmán, 2005) adaptado para evaluar competencias.

### 1.3. Estructura

Para alcanzar los objetivos mencionados, esta memoria se estructura en los siguientes capítulos:

- **Capítulo 2:** revisa el modelo emergente de Enseñanza Basada en Competencias (EBC), sus características y conceptos asociados, las experiencias EBC en educación superior y el Diseño Curricular Basado en Competencias (DCBC) proceso que cristaliza la EBC en una propuesta formativa.
- **Capítulo 3:** revisa la arquitectura de los STI, sus componentes y los procesos asociados. Expone la problemática de la implementación de propuestas formativas en STI de dominio específicos y STI de dominio genérico.
- **Capítulo 4:** muestra una aproximación desde el DCBC al STI-C. Se presenta un modelo de arquitectura genérica STI-C orientado desde los principios del DCBC, incluye el Modelo de Dominio de Competencias (MDCo), el Modelo de Dominio Curricular (MDCu) y Modelo del Alumno por Competencias (MAC).

Propone un modelo de diagnóstico con dos adaptaciones de TAI cognitivo para evaluar competencias.

- **Capítulo 5:** finalmente en este capítulo se exponen las conclusiones y los trabajos futuros relacionados con la investigación.



## 2. Enseñanza Basada en Competencias (EBC)

En este capítulo abordaremos el primer eje temático del marco teórico: la EBC, sobre la cual se sustenta parte de las aportaciones de nuestro trabajo.

En la sección 2.1 caracterizamos la EBC, en la sección 2.2 rescatamos definiciones importantes sobre el concepto de competencia, en la sección 2.3 estudiamos las experiencias EBC en educación superior y finalmente en la sección 2.4 nos situaremos en el diseño curricular basado en competencias (DCBC), proceso que cristaliza la EBC en una propuesta formativa y desde el cual configuraremos el marco para derivar un modelo STI basado en competencias (STI-C).

### 2.1 Caracterización de la EBC

La EBC es un modelo curricular emergente que busca dar repuesta a las demandas del contexto.

Zalba (2006) (en base a Cullen, 1996) sostiene que los modelos curriculares por competencias se hacen cargo de las “necesidades sociales, formuladas hoy en términos de perfiles flexibles, tanto para la productividad como para la ciudadanía”.

En el mismo sentido considera que este enfoque constituye un modelo facilitador, por cuanto suponen una perspectiva interactivo-sociocultural del currículo, es decir, de un currículo derivado del contexto y de las necesidades e intereses de los destinatarios. Esto implica articular las demandas del contexto social con el desarrollo de competencias, que en definitiva posibilite al alumno desenvolverse en un mundo complejo y en permanente transformación y desempeñarse como sujetos responsables en diferentes situaciones y contextos de la vida social y personal.

Avolio de Cols, S. (2006) menciona a la formación basada en competencias como aquella que pretende alcanzar una mayor integración entre el proceso formativo del alumno y lo que sería el futuro desempeño del trabajador en una situación real de trabajo.

## 2.2 Las competencias

Una vez fijado el marco de EBC, es conveniente delimitar con claridad qué entendemos por competencias en esta memoria de investigación. Perrenoud (1999) define a la competencia como la "Capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo definido de situación, capacidad que se apoya en conocimientos pero no se reduce a ellos". Además señala que para enfrentar una situación de la mejor manera posible generalmente debemos hacer uso y asociar recursos cognitivos complementarios, entre los cuales se encuentran los conocimientos.

Zalba (2006) define las competencias como "complejas capacidades integradas, en diversos grados, que la educación debe formar en los individuos para que puedan desempeñarse como sujetos responsables en diferentes situaciones y contextos de la vida social y personal, sabiendo ver, hacer, actuar y disfrutar convenientemente, evaluando alternativas, eligiendo las estrategias adecuadas, y haciéndose cargo de las decisiones tomadas". Coincidimos con la autora, quien puntualiza que las competencias:

- *Constituyen un saber y saber hacer complejos (ya que integran tanto conjuntos de conocimientos como capacidades; o dicho en otros términos: tanto conocimientos conceptuales como procedimentales y actitudinales)*
- *Se van construyendo a lo largo de la vida (de acuerdo con las experiencias y prácticas en diversas situaciones de la vida personal y profesional)*
- *Su construcción procede de modo espiralado ( en sucesivas etapas se logran mayores grados de calidad)*

Existen diversas clasificaciones propuestas por la literatura, a los efectos del presente trabajo adherimos a la clasificación utilizada en la metodología Tuning (Proyecto Tuning Latinoamérica/Europa, 2007).

- a) Las *Competencias Generales* remiten a un conjunto de conocimientos, actitudes, valores y habilidades relacionados entre sí, que permiten desempeños satisfactorios en los estudios superiores. Se agrupan en:
  - *Competencias Básicas*: implican el desarrollo de saberes complejos y generales que hacen falta para cualquier tipo de actividad intelectual.

- *Competencias Transversales*: apuntan al desarrollo de dos aspectos claves para los estudios superiores, tienden a lograr en el sujeto autonomía en el aprendizaje y destrezas cognitivas generales.

- b) Las *Competencias Específicas* remiten a un conjunto de conocimientos, actitudes, valores y habilidades específicos relacionados entre sí, que permiten desempeños satisfactorios en una determinada carrera universitaria (o campo de dominio).

Las competencias específicas suponen y se apoyan en las generales y ambas conforman el *perfil de competencias* del alumno en un dominio determinado.

## 2.3 Experiencias EBC en la educación superior

Para entender la importancia de la EBC vamos a presentar una revisión de varios trabajos de experiencias de EBC, que actualmente se desarrollan en la educación superior:

- “*Proyecto Tuning Latinoamérica /Europa*”
- “*Proyecto 6x4 – UEALC. Seis Profesiones en cuatro ejes de análisis*”
- *Proyecto de articulación de los ciclos de nivelación/introducción y del ciclo general común/primeros años, de las carreras pertenecientes a las ciencias económicas (PACCEE)*”.

Estas propuestas derivan marcos metodológicos pragmáticos para definición de competencias construidos a partir de consensos entre investigadores, docentes, expertos y otros actores sociales.

En el *Proyecto Tuning* se vinculan los resultados del aprendizaje, las competencias y la noción de crédito basado en el volumen de trabajo del estudiante con la mejora y aseguramiento de la calidad de las carreras, desde un enfoque centrado en el estudiante. En Tuning, las competencias representan una combinación dinámica de conocimiento, comprensión, capacidades y habilidades. Son adquiridas o desarrolladas por el estudiante a lo largo del proceso de aprendizaje.

En el *Proyecto “6x4 – UEALC. Seis Profesiones en cuatro ejes de análisis”* la finalidad es conocer, discutir y proponer puntos de referencia comunes que sirvan de base para la

colaboración y reconocimiento entre instituciones de Educación Superior y para fortalecer la movilidad académica y profesional entre las mismas. Para ello se analizan a la vez cuatro ejes:

- Créditos académicos,
- evaluación y acreditación,
- competencias profesionales y
- formación para la investigación e innovación.

En este proyecto, bajo el enfoque de competencias, se entiende el perfil del egresado como un conjunto articulado de competencias profesionales que se supone permitirán un desempeño exitoso (pertinente, eficaz y eficiente) del egresado en la atención y resolución de los problemas más comunes en el campo de su profesión. Se define entonces, a una competencia profesional como la capacidad efectiva para realizar una actividad o tarea profesional determinada, que implica poner en acción, en forma armónica, diversos conocimientos (saber), habilidades (saber hacer), actitudes y valores que guían la toma de decisiones y la acción (saber ser). De acuerdo a la definición, la competencia se demuestra en la ejecución de la acción esperada, de forma rápida y correcta.

Asimismo en esta misma línea en Argentina se desarrolla el *PACCEE*, que busca contribuir con la movilidad de los alumnos pertenecientes a las facultades integrantes del consorcio. En este proyecto se han acordado las competencias de salida de los alumnos que culminan el ciclo inicial (1° y 2° año) en las carreras de Ciencias Económicas.

## 2.4 Diseño curricular basado en competencias (DCBC)

En secciones anteriores hemos puesto de manifiesto que el objetivo principal de la EBC apunta a la pertinencia de la formación, esto es responder adecuadamente a las demandas del contexto. El DCBC es el proceso que concreta una propuesta formativa conforme los principios orientadores de la EBC.

En el apartado 2.4.1 caracterizaremos el DCBC, en los apartados siguientes (2.4.2 a 2.4.5) estudiaremos el proceso de “análisis funcional”, fuente de la cual se nutre el DCBC, luego en el apartado 2.5 centraremos nuestro análisis en el proceso de DCBC, resaltaremos los aspectos que servirán de base para derivar desde este enfoque los componentes del STI-Basado en competencias (STI-C).

### 2.4.1 Caracterización del DCBC

El diseño curricular constituye un documento donde se especifican los distintos componentes pedagógico-didácticos: intenciones, objetivos, contenidos, secuencia de contenidos, marco metodológico, criterios de enseñanza y evaluación.

Así, el diseño curricular se constituye en uno de los medios que orientan la formación (Catalano, A. et al., 2004).

La elaboración del diseño curricular puede realizarse adoptando distintos enfoques, cada uno de los cuales responderá a las concepciones que se sustenten sobre la formación, sobre el enseñar, sobre el aprender, y sobre el papel y la organización que, en la propuesta formativa, tendrán la teoría y la práctica.

Para la definición y planificación de cada componente resulta necesario partir de un modelo pedagógico de referencia (Santángelo, 2000), cuyos principios y características orientan las decisiones del diseño que debe ser coherente con el enfoque.

El DCBC asumirá ciertas características particulares de acuerdo al ámbito educativo, nivel superior universitario, nivel superior no universitario, formación profesional, educación técnica, nivel medio, capacitación laboral, etc. el proceso medular de su construcción se orientará por la pertinencia de la propuesta formativa para satisfacer la demanda del contexto en el rol profesional u ocupacional del perfil de competencias definido.

El análisis de los siguientes enfoques pragmáticos nos permitirá cubrir distintos niveles y modalidades educativas aportando elementos para su comprensión:

- a) Trabajo realizado por Catalano, A., et al. (2004) para Cintefor/OIT se orienta a la formación y certificación de competencias laborales contando con un claro esquema metodológico, si bien tiene su origen en las demandas de formación y certificación de capacidades laborales. Adecuadamente adaptado puede aplicarse a cualquier nivel educativo y tipo de capacitación (formal o no formal).
- b) Trabajo realizado por Avolio de Cols, S. y Lacoluti, M. (2006) para Cintefor/OIT, se enfoca en conceptos y orientaciones metodológicas en el “Enseñar y evaluar en formación por competencias laborales”.

- c) Experiencias de EBC en la educación superior referidos en el apartado 2.3, “Tuning Latinoamérica /Europa”, “6x4-UEALC. Seis Profesiones en cuatro ejes de análisis”, y “Proyecto de articulación de los ciclos de nivelación/introducción y del ciclo general común/primeros años, de las carreras pertenecientes a las ciencias económicas (PACCEE)”. Estas propuestas derivan marcos metodológicos pragmáticos para definición de competencias construidos a partir de consensos entre distintos actores, investigadores, docentes, expertos y otros sectores sociales.

#### **2.4.2 Análisis funcional para la definición de las competencias de un perfil**

En la sección 2.2 hemos visto la definición de qué entendemos por competencias en el marco de la EBC. Aquí nos centramos en cómo definir esas capacidades para cada perfil del marco educativo y/o profesional.

Para llegar a la reconstrucción de los saberes, las técnicas y las decisiones que se movilizan para el ejercicio de una profesión o de un rol laboral, Cintefor/OIT propone una metodología de trabajo que se denomina "análisis funcional". El análisis funcional es una metodología de investigación que permite reconstruir las competencias que debe reunir un/a trabajador/a para desempeñarse competentemente en un ámbito de trabajo determinado.

“Análisis funcional: proceso de desagregación a partir del propósito clave de una empresa, una organización o un rol ocupacional, que se utiliza para identificar las competencias inherentes al ejercicio de las funciones laborales y de las actividades que las componen.”

En la *figura 1* se esquematiza el proceso de análisis funcional.

En la siguiente sección vamos a describir en detalle cada una de las fases a desarrollar en un proceso de análisis funcional para definir los componentes de un perfil.

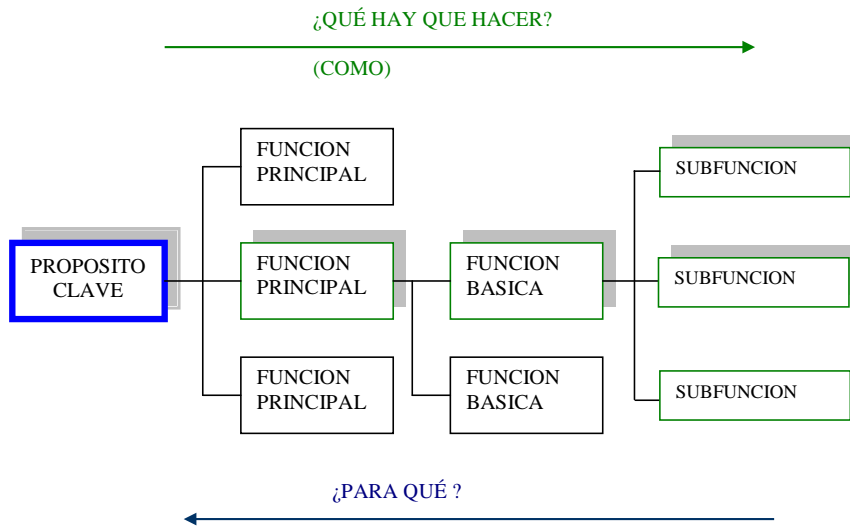


figura 1 - Proceso de análisis funcional

### 2.4.3 Fases del análisis funcional

El proceso de investigación se realiza sobre organizaciones concretas, que actúan en un determinado campo de producción de bienes o de servicios.

**Fase 1: Selección de un conjunto de empresas u organizaciones.**

Serán aquellas que, desde el punto de vista de las calificaciones que detentan sus trabajadores/as, resulten representativas del sector de actividad sobre el cual se focaliza la investigación.

**Fase 2: Selección de una empresa concreta o una organización productiva.**

A fin de estudiar -dentro de ella- uno, varios o todos los roles ocupacionales que contribuyen a alcanzar el propósito clave de la empresa.

**Fase 3: Definición del propósito clave que caracteriza el objetivo de la organización y el marco de condiciones dentro del cual se pretende alcanzarlo.**

La estructura de enunciado del propósito clave, indica una acción, un objeto o resultado de la acción, y las condiciones para su logro. La estructura gramatical se conforma de la siguiente manera, *Verbo+Objeto+Condición*, esta estructura se utiliza en cascada para definir todas las funciones realizadas que contribuyen al logro del propósito clave.

**Fase 4: Definición de las funciones y las sub-funciones.**

De los grandes grupos de actividades con los que se organiza una empresa, con el objeto de concretar el propósito clave enunciado.

**Fase 5: Selección de los roles laborales críticos.**

Dentro de esas funciones y/o sub-funciones se seleccionarán aquellos que mejor contribuyen a que la organización alcance el propósito clave enunciado.

**Fase 6: Entrevistas.**

Una vez seleccionado el rol laboral, se realizan entrevistas a los/as trabajadores/as que ejercen ese rol sobre las acciones que realizan, los productos o resultados que obtienen y los criterios de actuación. Para establecer cómo se obtiene el propósito clave definido para cada una de las acciones se sigue el enunciado *Verbo+Objeto+Condición*.

**Fase 7: Reconstrucción de un conjunto de acciones del rol.**

Para ello se reagrupan en grandes funciones y/o subfunciones, con el criterio que las funciones constituyan una unidad de sentido en términos de empleo y de formación.

“El conjunto de acciones laborales agrupadas dentro de una gran función con sentido de empleo y de formación, se denominará **unidad de competencia (uc)**. Cada conjunto de sub-funciones agrupadas que contribuyan a dar sentido a la unidad de competencia, se denominará **elemento de competencia (ec)**.”

**Fase 8: Reconstrucción de los elementos de competencia**

Cada elemento se reconstruye de acuerdo a los criterios que se ponen en juego para realizar la sub-función - que será enunciado como *Verbo+Objeto+Condición*- Los criterios expresan las condiciones que deben cumplirse para que la realización enunciada en el elemento de competencia ase ajuste a los requisitos de forma coherente con el propósito clave de la empresa.

**Fase 9: Enunciar los signos para definir las buenas prácticas.**

Se indicarán los signos a partir de los cuales se hace evidente que los procedimientos que ha seguido el trabajador en su modo de operar, los resultados parciales obtenidos, o las reflexiones para tomar decisiones, son correctos y corresponden a las "buenas prácticas" sugeridas por la empresa.



#### 2.4.4 Resultados del análisis funcional

Los resultados del análisis funcional se expresan en *mapas funcionales* (CONOCER, 1998; INTECAP, 2001, Catalano, op. cit.) que pueden estar referidos a la empresa o a un rol laboral.

En la *tabla 1* se presenta un ejemplo de mapa funcional.

En el caso de la empresa expresará el propósito clave de la organización, las funciones que agrupan y las actividades que se desarrollan en la misma. Cuando se construye a partir de un rol laboral, representa las distintas funciones y sub-funciones que el/la trabajador/a debe desarrollar para alcanzar el propósito clave de su rol, este mapa se expresa en unidades y en elementos de competencia.

MAPA FUNCIONAL

**Evaluador de competencias laborales**

Propósito clave

Evaluar y documentar el estado de desarrollo de las competencias laborales de los (las) postulantes en función de los requerimientos fijados por la norma validada.

a. Recopilar informaciones sobre el postulante, la empresa, el contexto productivo y tecnológico y planificar el proceso de evaluación.	<p>a.1. Recopilar y analizar informaciones sobre la historia laboral y de socialización del postulante para orientarlo en el proceso de certificación.</p> <p>a.2. Recopilar y analizar informaciones sobre la organización del trabajo, tecnología y productos/servicios de la empresa para contextualizar los instrumentos de evaluación.</p> <p>a.3.- Acordar con el postulante y la empresa los términos de la evaluación: norma, procedimientos, veedores internos, formas de documentación de la prueba.</p>
b. Definir estrategias de evaluación y diseñar instrumentos de evaluación de competencias laborales en base a normas.	b.1 Definir estrategias y diseñar los instrumentos de evaluación de competencias laborales en base a normas y adaptarlos al contexto de trabajo donde serán aplicadas las pruebas.
c. Evaluar las competencias laborales según los estándares establecidos en las normas validadas.	<p>c.1. Recopilar signos que evidencian desempeños competentes y debidamente fundamentados del/a postulante.</p> <p>c.2. Valorizar los resultados de la evaluación y registrarlos en soportes diversos.</p>
d. Comunicar los resultados de la evaluación a las partes interesadas y orientar al/a evaluado/a sobre las posibilidades de formación o necesidad de mayor experiencia laboral.	d.1. Elaborar, entregar y comunicar los resultados de la evaluación a los actores involucrados y asesorar a los postulantes sobre acciones formativas compensatorias y/o necesidad de una mayor práctica laboral.

**PROGRAMA DE FORMACIÓN Y CERTIFICACIÓN POR COMPETENCIAS LABORALES**

*Tabla 1- Ejemplo de mapa funcional - Tomado del documento del Programa de Calidad del Empleo y la Formación Profesional. Norma de competencia de evaluador. Dirección Nacional de Orientación y Formación Profesional, Secretaría de Empleo. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (Argentina).*

## 2.4.5 Normas de competencias

Una vez obtenidos los mapas funcionales sobre las competencias que debe realizar un trabajador, se ha de establecer la *norma de competencia* (Ibídem.). La norma de competencia es un patrón de referencia para poder evaluar el desempeño alcanzado por los trabajadores. Su construcción involucra la aplicación de la metodología del análisis funcional. La creación de la norma de competencia supone la construcción de consensos entre actores, que permitan acordar tanto la metodología a usar como los indicadores a utilizar para definir los desempeños competentes y el nivel de autonomía a asignar a quien detente una calificación.

“La norma de competencia contiene una serie de descriptores a partir de los cuales se pretenden reflejar las buenas prácticas profesionales esperables como piso de un determinado rol laboral, la validez de los descriptores, que se mencionan seguidamente, debe ser acordada entre los actores.”

*Unidad de competencia (uc)*: función productiva que describe el conjunto de las actividades diferenciadas que serán cumplidas desde el rol laboral seleccionado.

*Elemento de competencia (ec)*: desagregación de la función principal que pretende especificar algunas de las actividades clave o la actividad crítica de la función. Una función, según su complejidad o su variedad, puede especificarse en uno o en varios elementos de competencia.

*Criterios de desempeño*: descriptor de las reglas o juicios técnicos y éticos que orientan a el/la trabajador/a y éste/a aplica en el ejercicio profesional.

*Evidencias de desempeño (evd)*: descriptor de los signos que sirven para controlar que un determinado proceso está siendo realizado de acuerdo a "buenas prácticas".

*Evidencias de producto (evp)*: descriptor de los signos de evidencia tangibles en el nivel de los resultados o del producto, cuando se ha actuado a partir de consagrar las "buenas prácticas".

*Evidencias de conocimiento (evc):* descriptor del conocimiento científico - tecnológico que permite al trabajador o a la trabajadora comprender, reflexionar y justificar los desempeños competentes.

*Campo de aplicación:* describe los diferentes contextos tecnológicos y organizacionales en los que puede insertarse una persona, y en los que puede ser evaluada para darle mayor universalidad a sus competencias.

*Guía para la evaluación:* establece los métodos de evaluación y las mejores formas de recolección de evidencias para acreditar o para certificar competencias.

En la *figura 2* se muestra un esquema del proceso de identificación de competencias y en la *tabla 2* y *tabla 3* un ejemplo de los descriptores de evidencias asociados a un elemento de competencia.

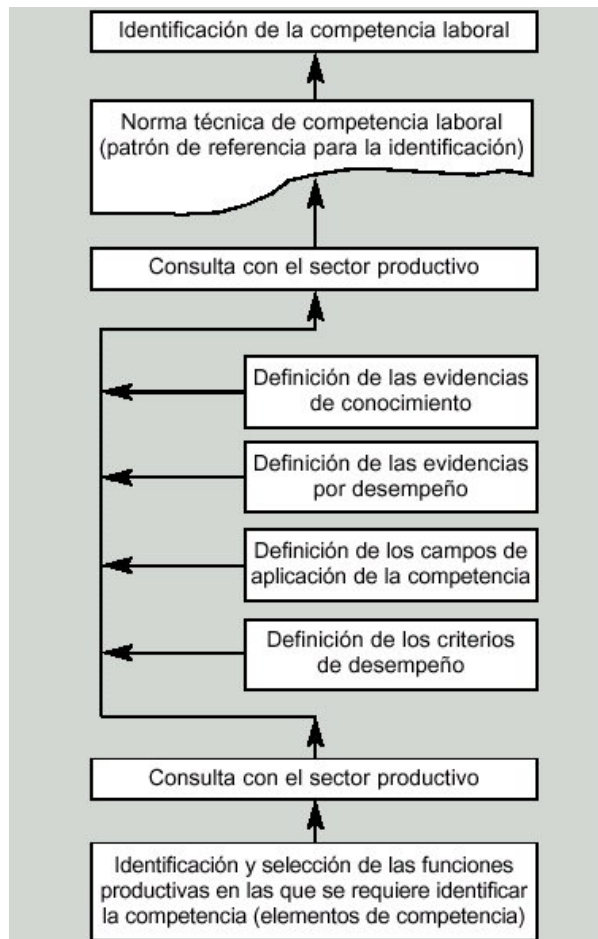


figura 2 - proceso de identificación de la competencia – tomado de Programa de Cooperación Iberoamericana para el Diseño de la Formación Profesional (IBERFOP), 2008 - Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura (OEI), Madrid (1998).

Rol ocupacional: I. EVALUADOR DE COMPETENCIAS LABORALES		
Título de la Unidad de Competencia: A. RECOPIRAR INFORMACIONES SOBRE EL POSTULANTE, LA EMPRESA, EL CONTEXTO PRODUCTIVO Y TECNOLÓGICO Y DISEÑAR Y/O ADECUAR INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN BASADOS EN NORMAS DE COMPETENCIA LABORAL PARA SER UTILIZADOS EN PROCESOS DE CERTIFICACIÓN Y ACORDAR LOS TÉRMINOS DE APLICACIÓN.		
Título del Elemento de Competencia: A.1. RECOPIRAR Y ANALIZAR INFORMACIONES SOBRE LA HISTORIA LABORAL Y DE SOCIALIZACIÓN DEL POSTULANTE PARA ORIENTARLO EN EL PROCESO DE CERTIFICACIÓN		
Criterios de desempeño	Evidencias de desempeño	Evidencias de producto
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar la historia de las actividades escolares, formativas, laborales, sociales, deportivas y artísticas del postulante para evaluar las capacidades implícitas y explícitas desarrolladas.</li> <li>Diseñar instrumentos de recolección de datos de vida escolar, laboral, formativa, social para poder evaluar el grado de desarrollo de las capacidades laborales y ciudadanas.</li> <li>Ponderar las capacidades inferidas de la historia de vida del postulante y cotejarlas con las competencias requeridas por la norma en las unidades que el postulante pretende certificar.</li> <li>Orientar al postulante en la estrategia de certificación a seguir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se analiza el currículo y/o documentación presentada para reconstruir la historia escolar, laboral, de formación profesional, social, artística, deportiva del postulante e infiere las capacidades que pueden haberse desarrollado en la experiencia de vida del mismo.</li> <li>Se entrevista al postulante para reconstruir su historia de vida escolar, laboral, de formación profesional, social, artística, deportiva para determinar el tipo de capacidades que el mismo ha desarrollado a lo largo de la vida.</li> <li>Se evalúa las capacidades potencialmente desarrolladas en su vida laboral y social y las objetiva a partir de una serie de preguntas o sistemas de cuestionarios.</li> <li>Se pondera las capacidades detectadas y les otorga un valor en el marco de las competencias generales requeridas por el ejercicio del rol que se pretende certificar.</li> <li>Se escribe un primer dictamen sobre el estado de desarrollo de las capacidades que presenta el candidato y analiza en base a la norma, las unidades de competencia que podría presentarse a certificar.</li> <li>Se entrevista, orienta al postulante acerca de las unidades de competencia a certificar, sobre la lectura e interpretación de la norma y sobre las condiciones de la evaluación para obtener la certificación.</li> <li>En caso de detectar dificultades en el desarrollo de las capacidades y por lo tanto en la posibilidad de certificar unidades de competencias, se orienta al postulante acerca de: <ul style="list-style-type: none"> <li>Las unidades de competencia que certificaría con mayor oportunidad de éxito.</li> <li>Un rol profesional alternativo para ser certificado.</li> <li>Los cursos de formación profesional que debería cursar para fortalecer las competencias que desea certificar.</li> </ul> </li> <li>Se compila y analiza los certificados de capacitación y/o de trabajo presentados por el/la postulante y los considera como antecedentes en la evaluación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dictamen sobre las capacidades ciudadanas y laborales del postulante preciso y permite orientar al postulante y al evaluador en el proceso de evaluación que será aplicado.</li> <li>Postulante orientado acerca de las unidades de competencias que certificaría con mayor oportunidad de éxito.</li> <li>Postulante orientado acerca los cursos que debería realizar para certificar con éxito determinadas unidades de competencia.</li> </ul>

tabla 2 – ejemplo elementos de competencia y descriptores - Tomado del documento del Programa de Calidad del Empleo y la Formación Profesional. Norma de competencia del evaluador. Dirección Nacional de Orientación y Formación Profesional, Secretaría de Empleo. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (Argentina).

Evidencias de conocimiento	
Conocimiento fundamental	Conocimiento circunstancial
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas de recopilación de información: análisis de currículum vitae, análisis de historia laboral, técnicas de entrevistas, análisis de información laboral.</li> <li>• Técnicas de comunicación y de recepción y entrega de información.</li> <li>• Diseño de guías de entrevistas y de instrumentos de documentación de la información suministrada por el informante.</li> <li>• Concepto de capacidades movilizadas en la actuación laboral analizada. Metodología para inferir las capacidades laborales que se ponen en juego en las profesiones y oficios.</li> <li>• Conocimientos sobre el rol profesional y el área ocupacional que faciliten la interpretación de informaciones suministradas por el entrevistado/postulante.</li> <li>• Conocimiento de los objetivos y técnicas aplicadas en los procesos de normalización, certificación y evaluación de competencias.</li> <li>• Tecnología de base utilizada en los procesos productivos, materias primas e insumos utilizados, conocimientos asociados en términos de calidad, seguridad y productividad, gestión, costos, conocimiento de procedimientos y técnicas del proceso productivo correspondiente al rol a evaluar.</li> <li>• Conocimientos elementales del proceso de análisis funcional aplicado al reconocimiento de competencias laborales.</li> <li>• Comprensión, interpretación del contenido de la norma de competencia del rol a evaluar: criterios, evidencias de desempeños, resultados y conocimientos, en ella descriptos.</li> <li>• Procesos de evaluación de competencias laborales: características, modalidades, objetivos, etc.</li> <li>• Formación de criterios y su aplicación a técnicas e instrumentos que eviten prácticas discriminatorias de individuos o grupos por sus atributos de género, edad, nivel socioeconómico, etnia.</li> <li>• Manual de procedimientos (funciones específicas del área de diseño)</li> <li>• Manejo de PC, internet, mails.</li> </ul>	
Campo de aplicación	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de certificación de evaluadores.</li> <li>• Centros de evaluación de competencias laborales.</li> <li>• Área de recursos de humanos de las empresas.</li> <li>• Consultoras de recursos humanos.</li> </ul>	
Guías de evaluación	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretación de una norma de competencia y definir las competencias clave a ser evaluadas dentro del rol ocupacional seleccionado o dentro de la unidad de competencia seleccionada.</li> <li>• Interpretación del nivel de capacidades que podría haber desarrollado el postulante a partir de su experiencia laboral y formativa a partir del análisis de historias laborales (entrevista, CV, referencias) y de entrevistas</li> <li>• Preparación de una guía de entrevista destinada a obtener datos de la historia laboral del postulante.</li> <li>• Simulación de una entrevista de devolución de informaciones sobre el proceso de certificación y de orientación acerca del fortalecimiento de competencias laborales requeridas en el proceso de certificación.</li> </ul>	

tabla 3 – ejemplo elementos de competencia y descriptores, continuación tabla 2

## 2.5 El proceso de DCBC

Una vez conocido el marco de EBC y caracterizado el DCBC, el proceso de “análisis funcional” con sus fases y resultados (mapa funcional). En esta sección (apartados 2.5.1 a 2.5.4) centramos nuestro estudio en el proceso de DCBC resaltando los aspectos que servirán de base para derivar desde este enfoque el modelado de los componentes del STI-C. Y

Finalmente en el apartado 2.5.5 describimos, el módulo, la unidad que permite estructurar los objetivos, los contenidos y las actividades configurado por las problemáticas del campo profesional.

Con formato: Fuente: Cursiva

### 2.5.1 Proceso inicial de DCBC

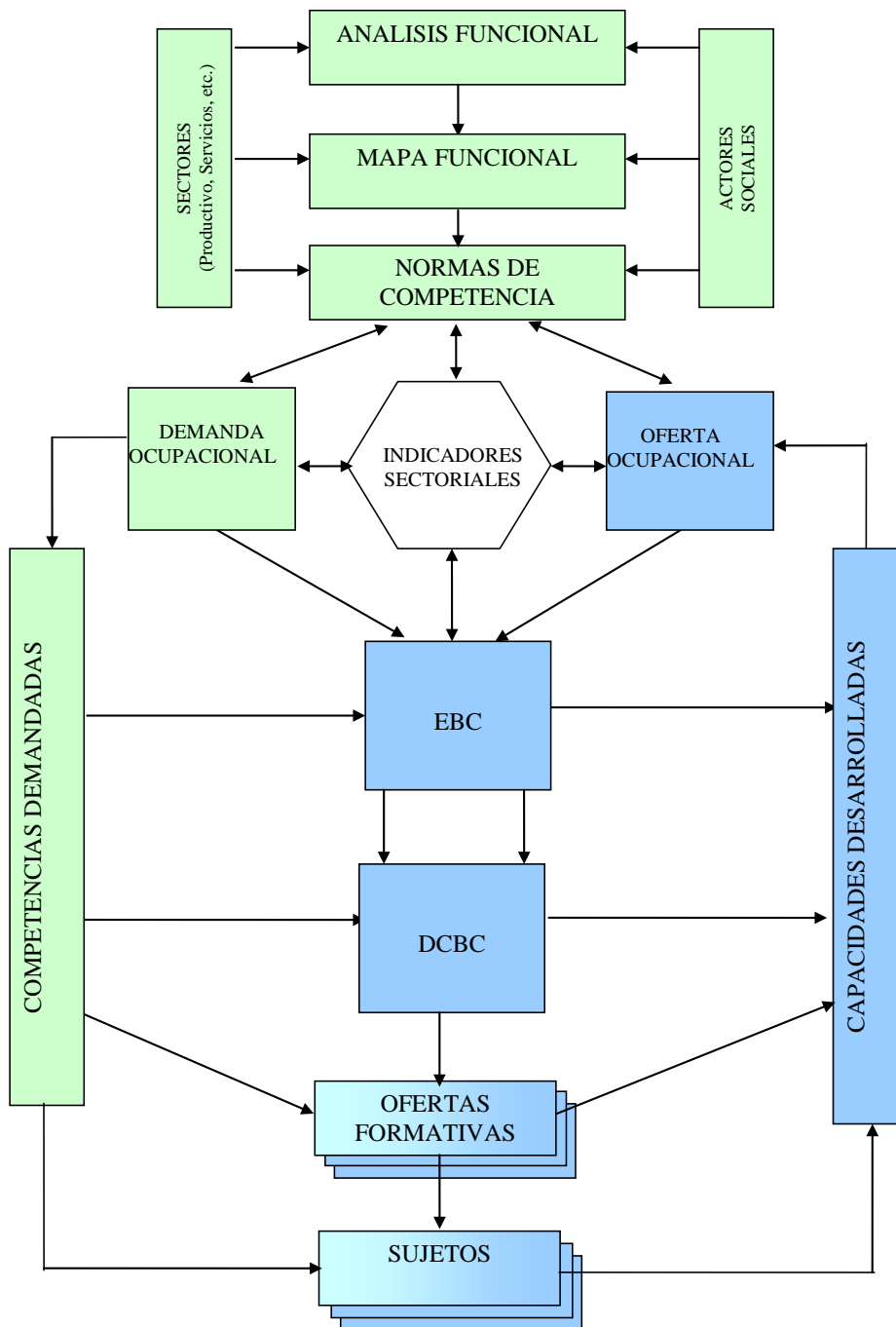
El DCBC consistirá un documento elaborado a partir de la descripción del perfil profesional, es decir, de los desempeños esperados de una persona en un área ocupacional, para resolver los problemas propios del ejercicio de su rol profesional. Procura de este modo asegurar la pertinencia de la oferta formativa diseñada.

El perfil profesional se construye a partir del análisis funcional. Tal como se expuso anteriormente la metodología permite elaborar una descripción integral y exhaustiva de los desempeños esperados en términos del propósito clave en el cual estos se sustentan, y de las unidades y elementos de competencia que se pondrán en juego en dicho desempeño.

El DCBC al tomar como referencia de su elaboración la identificación y la descripción de los elementos de competencia de un rol o de un perfil profesional, apunta al logro de un alto grado de articulación entre las exigencias del contexto y la formación a desarrollar.

En *el figura 3* se muestra un esquema de relaciones entre el análisis funcional, las normas de competencia y el DCBC, enmarcado en la EBC.





Miguel Mateo Buitrago  
 figura 3 = Esquema de relaciones: Análisis funcional-Norma de competencia-DBC y EBC

### 2.5.2 Capacidades, normas y DCBC

El eje de la formación profesional es el desarrollo de capacidades profesionales que, a su vez, constituyen la base que permitirá el desarrollo de aquellos desempeños competentes en los diversos ámbitos de trabajo y de formación.

Al elaborar el diseño curricular, se describirán las capacidades que se desarrollarán a lo largo del proceso de formación para promover en los/las egresados/as un desempeño efectivo del rol. Dichas capacidades se inferirán del análisis de cada una de las unidades y de los elementos de competencia.

Un ejemplo que expone parte de un documento DCBC se muestra en el *anexo 1*.

Avolio de Cols, S. (2006) menciona que las capacidades que el alumno va a desarrollar durante el proceso formativo, se vinculan con las competencias que necesitará en el futuro para desempeñarse en una situación real de trabajo. Esto hace que la actividad formativa tenga más significado para el alumno.

### 2.5.3 Características del DCBC

Como mencionamos en 2.4.1, el ámbito educativo (nivel superior universitario, nivel superior no universitario, formación profesional, educación técnica, nivel medio, capacitación laboral, etc.) condicionará un DCBC concreto, pero el proceso medular de su construcción se orientará por la pertinencia de la propuesta formativa para satisfacer la demanda del contexto en el rol profesional u ocupacional del perfil de competencias definido. Las características que deben estar siempre presentes son:

- Las capacidades que constituyen los objetivos generales del diseño curricular, son inferidas a partir de los elementos de competencia.
- Adopta una estructura modular.
- Desarrolla un enfoque integrador respecto de todas sus dimensiones. Tiende a la integración de capacidades, de contenidos, de teoría y de práctica, de actividades y de evaluación.
- Los criterios para la aprobación de los distintos módulos se basan en los criterios de evaluación establecidos en la norma.
- Adopta para su desarrollo un enfoque de enseñanza-aprendizaje significativo.

#### 2.5.4 Elementos de DCBC

El documento del DCBC se compone básicamente de cuatro elementos:

- Introducción o marco de referencia. En él se describen sintéticamente las características del contexto y del rol profesional, y las concepciones teóricas que, sobre la formación profesional, sostienen quienes elaboran el diseño curricular.
- Objetivos generales. Se refieren a las capacidades integradoras que se desarrollan durante todo el proceso formativo. Expresan la intención formativa de quienes elaboran el diseño. La formulación de los objetivos del diseño curricular conlleva procesos permanentes de análisis y de síntesis que considerarán, por un lado, las capacidades inferidas a partir de las características del desempeño establecidas en la norma, y por otro lado, el propósito clave del rol profesional. Los objetivos generales constituyen, en última instancia, los criterios para la evaluación y la acreditación de los aprendizajes alcanzados.
- Estructura curricular modular. Consiste en el conjunto ordenado e integrado de módulos que conforman el diseño.
- Carga horaria. Está referida al conjunto de la estructura y a cada uno de los módulos que la integran.

En el *anexo 1* se ilustra mediante dos ejemplos de documento DCBC, marco de referencia y objetivos.

#### 2.5.5 El módulo

Desde el punto de vista del DCBC, un módulo es la unidad que permite estructurar los objetivos, los contenidos y las actividades en torno a un problema de la práctica profesional y de las capacidades que se pretenden desarrollar, las cuales, son inferidas a partir de los elementos de competencia.

Desde el punto de vista del proceso de enseñanza aprendizaje, el módulo constituye una integración de capacidades, actividades y contenidos relativos a un "saber hacer reflexivo" que se aprende a partir de una situación problemática derivada de la práctica profesional. De esta manera, el módulo implica una modalidad de enseñanza considerada como la

forma más adecuada de responder, desde la perspectiva de la formación, a una definición de competencia que integra conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes.

Un módulo, a diferencia de una forma de organización curricular tradicional, propone un recorrido, un guión, un argumento a desarrollar configurado por las problemáticas del campo profesional que se van trabajando y en torno a las cuales se articulan los contenidos. Los contenidos convergen porque son convocados por la situación problemática derivada de la práctica profesional. Se trata de una estructuración en torno a una situación que, vinculada a un problema, posibilita la selección de los contenidos necesarios para desarrollar las capacidades que permitirán su resolución.

El módulo, desde el punto de vista del proceso de enseñanza-aprendizaje, tiende a:

- a) Desarrollar un saber hacer reflexivo y fundamentado relacionado con las unidades de competencia.
- b) Centrar las actividades en la solución de una situación problemática derivada de la práctica profesional.
- c) Seleccionar y organizar los contenidos en función de las situaciones planteadas y del aprendizaje propuesto.

Es posible afirmar que el módulo se caracteriza por la integración de todas sus dimensiones: capacidades; contenidos; actividades; teoría-práctica; formación-trabajo; modalidades de evaluación. Son estas características las que confieren a la estructura curricular modular validez y coherencia con el enfoque de competencias.

### 3. Sistemas Tutores Inteligentes - STI

En el capítulo anterior se presentaron los aspectos relevantes de la EBC como modelo educativo emergente y el DCBC como el proceso que orienta la formación tomando como referencia la identificación y la descripción de los elementos de competencia de un rol o de un perfil profesional, logrando de este modo, un alto grado de articulación entre las exigencias del contexto y la formación a desarrollar.

El DCBC constituye un documento exhaustivo donde se especifican los distintos componentes pedagógico-didácticos: intenciones, objetivos (capacidades a desarrollar), organización modular (por núcleos problemáticos), secuencia didáctica, marco metodológico, criterios de enseñanza y evaluación (descriptores).

En este capítulo se aborda el segundo eje temático del marco teórico: los STI. En la sección 3.1 se caracterizan los STI, en las secciones 3.2 a 3.5 se estudia su arquitectura y componentes. Finalmente en la sección 3.6 se analizan algunos STI desarrollados por otros investigadores y la problemática relacionada con la implementación de una propuesta formativa.

Desarrollado el marco teórico y definida la problemática a resolver, contaremos con elementos suficientes para alcanzar los objetivos del trabajo cuya propuesta de modelado de un STI basado en competencias (STI-C) lo presentamos en el capítulo siguiente.

#### 3.1 Caracterización de los STI

Un STI es un programa que incorpora técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento y realizar su operativo. Su objetivo se centra en la enseñanza personalizada, su principal característica es la adaptación dinámica de la instrucción de acuerdo al perfil y actividad del alumno, para ello considera atributos como estilo de aprendizaje, nivel de competencias, recursos instruccionales utilizados, niveles de logros alcanzados, evaluaciones, interacción realizada, etc. Más formalmente Wenger (1987) define:

*“Un STI utiliza técnicas de IA, principalmente para representar el conocimiento, y dirigir una estrategia de enseñanza; y que es capaz de comportarse como un experto,*

*tanto en el dominio de conocimiento que enseña (mostrando al alumno cómo aplicar dicho conocimiento), como en el dominio pedagógico, donde es capaz de diagnosticar la situación en la que se encuentra el estudiante, y de acuerdo a ello, ofrecer una acción o solución que le permita progresar en el aprendizaje.”*

Una de las metas de un STI es contribuir con la apropiación de conocimientos, habilidades y actitudes que adecuadamente movilizadas en situaciones de aprendizaje específicas conducen al desarrollo gradual de competencias, para ello deberá incorporar ciertas “cualidades” que emulen de forma aproximada las buenas prácticas docentes, alguna de ellas ( Perrenoud, 2004) son: guiar, orientar, motivar, problematizar, provocar y apoyar el recorrido del alumno, diseñar situaciones y ofrecer las ayudas adecuadas para la superación de los obstáculos en el aprendizaje.

### **3.2 Arquitectura**

La arquitectura de un STI ha sido estudiada en la literatura, pudiéndose encontrar distintas propuestas. Autores como Sleeman y Brown (1982), Polson y Richarson (1988) coinciden en definir la arquitectura general de un STI conformada por cuatro componentes que se muestra en la *figura 4*:

- a) Modelo de dominio
- b) Modelo del alumno
- c) Modelo instruccional
- d) Modelo de interfaz

Cada uno de estos componentes asume distintas funciones interactuando entre si. Basados en Millán (2000) y Guzmán (2005) los describimos:

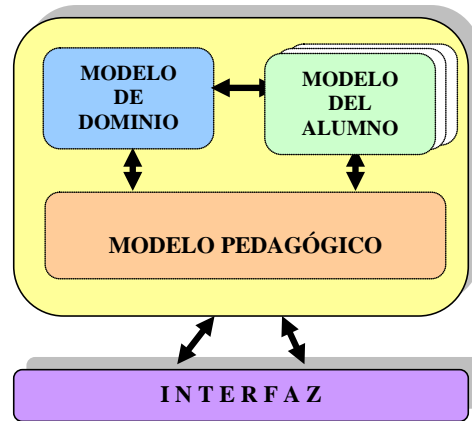


figura 4 – esquema de la arquitectura de un STI

### 3.3 Modelo del dominio (o Módulo experto)

Corresponde a la respuesta sobre el *qué se enseña*. Contiene el conocimiento sobre la materia/asignatura que debe ser aprendida. El primer paso en la implementación de un STI, es la representación explícita por parte del experto del conocimiento existente sobre el dominio. Anderson (1988) afirma que un modelo del dominio será más potente cuanto más conocimiento tenga. Asimismo, es el encargado de la generación de problemas, y la evaluación de la corrección de las soluciones suministradas por el alumno. Los modelos del dominio pueden clasificarse a su vez en:

- *Modelo de caja negra*: Es un medio de razonar sobre el dominio que no requiere una codificación explícita del conocimiento subyacente. El modelo del dominio ha sido previamente codificado, aunque desde el punto de vista del sistema tutor no interesa lo único que interesa es conocer su comportamiento.
- *Modelo basado en la metodología de los sistemas expertos*: Se sigue los mismos pasos que en el desarrollo de un sistema experto. Implica extraer el conocimiento de un experto y decidir el modo en el que éste va a ser codificado y aplicado. *Modelo cognitivo*: El modelo del dominio se obtiene abstrayendo el modo en el que los humanos hacen uso del conocimiento. Este tipo de modelos es el más efectivo desde el punto de vista pedagógico, aunque requiere un mayor esfuerzo de

implementación. Su estructura estaría condicionada al tipo de conocimiento que se quiera representar. Se pueden distinguir tres tipos:

- a) Conocimiento procedural: es el conocimiento (destrezas y habilidades) sobre el cómo realizar una tarea. El modelo del dominio suele codificarse mediante un conjunto de reglas. Esta aproximación supone la ventaja de facilitar la implementación de modelos de instrucción basados en el seguimiento de las acciones llevadas a cabo por el alumno.
- b) Conocimiento declarativo: se limita a recopilar un conjunto de hechos y principios sobre el dominio y la relación entre éstos. En este caso los modelos del dominio suelen ser representados mediante una red semántica, como un grafo acíclico en el que los nodos representan conceptos, que a su vez se enlazan entre sí mediante diversos tipos de relaciones: de agregación, de prerequisite, composición, etc.
- c) Conocimiento cualitativo: es el conocimiento causal que permite a las personas razonar y reflexionar sobre comportamientos haciendo uso de modelos mentales.

### 3.4 Modelo del alumno

El uso de modelos del alumno en STI surge como consecuencia del hecho de que estos sistemas deben trabajar con información incompleta, y por regla general con un alto grado de incertidumbre sobre los alumnos (Mayo y Mitrovic, 2001).

Representa el *a quién se enseña*, es decir, lo que el alumno conoce y lo que no conoce del dominio. La mayoría de los STI infieren este modelo a partir de los conocimientos y carencias del alumno sobre el modelo del dominio, y a partir de esta información, adaptan el proceso de instrucción a sus necesidades. La estructura que almacena el estado de conocimiento del alumno es propiamente *su modelo* | proceso de razonamiento que actualiza este modelo se denomina *diagnóstico del alumno* y es de vital importancia para el buen funcionamiento de un STI, ya que las estrategias tutoriales, el material adecuado o el problema apropiado, se deciden en función de la información que el sistema tiene sobre el estado en que se encuentra el conocimiento del alumno.



Holt et al. (1994) extiende la clasificación de Verdejo (1994), proponiendo los enfoques siguientes:

- Modelos de recubrimiento o superposición: representan el conocimiento que el alumno tiene del dominio. Su comportamiento se compara, por tanto, con el de un experto. Las diferencias existentes se asumen como carencias en el conocimiento del alumno, es decir, se reduce a un subconjunto del que tiene el experto. La principal limitación de este modelado está en considerar que lo que el alumno sabe es únicamente un subconjunto del conocimiento del experto.
- Modelos diferenciales: definen el conocimiento del alumno en dos categorías: el que se espera que el alumno tenga, y el que no se espera que tenga. Son una modificación de los de recubrimiento. La diferencia radica en que, en los diferenciales, las posibles carencias en el conocimiento no son todas igualmente deseables. Intentan representar de forma explícita las diferencias entre el conocimiento del alumno y el del experto. Además tienen la ventaja de que no son tan estrictos a la hora de modelar el conocimiento, aunque comparten las desventajas apuntadas en el modelo anterior
- Modelos de perturbación: En este caso, el conocimiento del alumno no es considerado únicamente un subconjunto del del experto, sino que se contempla la posibilidad de que el estudiante posea ciertos conocimientos diferentes en cantidad y en calidad con respecto al del experto. Un aspecto diferenciador es que se combina lo que el alumno sabe correctamente, equivalente a un modelo de recubrimiento, con la representación de conocimientos erróneos que posee, y con los procedimientos o conductas erróneas que realiza. Esto permite tener datos más exactos de cuanto sabe el alumno. El conjunto de errores de concepto y de procedimiento están almacenados en una biblioteca de errores. El modelo del alumno se irá actualizando en función de la presencia o ausencia de este tipo de errores.
- Modelos basados en intervalos de confianza: en este tipo de modelos se postula que no es necesario conocer el estado exacto del conocimiento del alumno; basta con

mantener un intervalo de confianza sobre sus límites inferior y superior. Han sido implementados utilizando técnicas de aprendizaje automático. A partir del comportamiento del alumno, el sistema infiere los límites inferior y superior de su conocimiento. Basándose en el modelo experto, se generan predicciones y problemas para verificar esas predicciones. Este tipo de modelos son más tratables ya que, en vez de intentar modelar el conocimiento del alumno tal como es, tratan con información más imprecisa.

- Modelos basados en restricciones: el alumno es representado como un conjunto de restricciones sobre la representación correcta del conocimiento. Este modelo es una extensión de los modelos de recubrimiento, permitiendo un razonamiento más sofisticado sobre los conceptos del dominio y no limitándose a determinar si el alumno conoce o no esos conceptos. Cada vez que se viola una restricción sobre el dominio, se tendrá que llevar a cabo una actualización del modelo. Desde el punto de vista computacional, este tipo de modelos son simples, no estableciendo ninguna estrategia tutorial particular.
- Modelos difusos: se basan en conjuntos borrosos. La presencia (o ausencia) de variables de conocimiento se representa mediante distribuciones de probabilidad con cinco niveles que van desde "ausencia total de conocimiento" hasta "conocimiento completamente desarrollado".
- Modelos basados en Redes Bayesianas: las redes bayesianas (Pearl, 1988), también llamadas redes de creencia, permiten realizar razonamientos probabilísticos en sistemas complejos de relaciones entre datos y resultados. Son grafos dirigidos en los que sus nodos representan variables aleatorias, y donde cada nodo tiene un número de estados. Mayo y Mitrovic (2001) clasifican estos modelos en tres tipos: a) modelos basados en el experto, b) modelos basados en la eficiencia y c) modelos basados en los datos.

### 3.5 Modelo pedagógico (modelo de instrucción)

Corresponde a la función *cómo se enseña*. Constituye por tanto, las estrategias de enseñanza o estrategias tutoriales. Es decir, cómo el sistema debe presentar el material educativo al alumno. Burns y Capps (1988) resaltan tres características tutoriales que debe tener un STI:

- a) Control sobre la representación del conocimiento, para poder seleccionar y secuenciar las piezas que deben suministrarse al alumno.
- b) Capacidad de responder a las preguntas de éste sobre objetivos de instrucción y contenido.
- c) Estrategias para determinar cuando necesita ayuda y para seleccionar la ayuda más adecuada en cada momento.

Las características mencionadas anteriormente se incorporan a la arquitectura STI básicamente de dos maneras:

1) Siguiendo la modelo de arquitectura indicado en 3.2 con sub-modulos que interacturan entre sí y con los demás modelos, como por ejemplo la propuesta de Salgueiro et al. (2005) que plantea las funcionalidades básicas de los submódulos adicionales en el modelo instruccional (tutor), por lo que deberá tener:

- Un *módulo de protocolos pedagógicos*: que almacena distintos estilos pedagógicos o protocolos pedagógicos disponibles en el sistema, las formas de selección y características de cada uno de los métodos, conteniendo información necesaria para poder desarrollar una sesión pedagógica con los recursos didácticos necesarios para que el alumno pueda aprovechar cada uno de los estilos pedagógicos. Los factores que influyen en la selección del protocolo pedagógico estarán dados, entre otros, por el perfil de aprendizaje del alumno y y los conceptos faltantes del alumno en un determinado tema.

- Un *planificador de lección*: dependiendo del protocolo pedagógico seleccionado y del estado de conocimientos del alumno (a partir del módulo del estudiante), se deberán poder establecer los objetivos de la lección (ya sea un tema, un ejercicio, un conjunto de definiciones, etc.). A medida que la lección se lleva a cabo, el generador de contenidos diagramará la lección para alcanzar los objetivos de la misma.

- 2) Implementando una arquitectura que no se ajustan estrictamente a dicho modelo, donde algunas de las funcionalidades del modelo instruccional son implementadas por modelos adicionales que le sirven de apoyo y complemento, como por ejemplo en la propuesta de Xu L., Sarrafzadeh, A. (2004), para Haskell-Tutor. En este STI el modelo pedagógico proporciona retroalimentación individualizada para supervisar el aprendizaje del estudiante, apoyándose en el *modelo de explicaciones* que realiza explicaciones detalladas de las razones por las que la solución del estudiante está mal y sugerencias para ayudar al estudiante a enmendar errores; y en el *modelo de problemas* que contiene los problemas que los estudiantes puedan trabajar. El modelo experto ofrece soluciones correctas a los problemas presentados a los alumnos

### 3.6. Modelo de Interfaz

A través de ella se lleva a cabo la interacción hombre-máquina. Es necesario un esfuerzo adicional en el desarrollo de esta parte de la arquitectura, haciéndola intuitiva y transparente al usuario alumno. Hay que tener presente que el estudiante no tiene porque ser un experto en el uso de sistemas informáticos, por ello es importante que la interfaz sea fácil de manejar, de lo contrario el alumno puede perder la concentración en el proceso de instrucción disminuyendo la efectividad.

Burton (1998) define las seis cuestiones clave en el diseño del entorno:

- a) aspectos del dominio que se desean representar;
- b) nivel de abstracción de la representación;
- c) fidelidad de la representación;
- d) orden en la presentación de contenidos;
- e) herramientas de corrección y ayuda y
- f) nivel de control que ejercerá la herramienta. Es destacable que actualmente estas seis características pueden seguir considerándose básicas a la hora de planificar el desarrollo del interfaz.

El auge y el desarrollo de internet ha impactado en el diseño de entornos e interfaces en los Sistemas Tutores Inteligentes. Las posibilidades se han visto ampliadas con la aparición de las capacidades hipermedia y multimedia, en la actualidad existen muchos Sistemas Tutores Inteligentes accesibles en Internet que aprovechan las ventajas que la red ofrece, como por ejemplo Haskell-Tutor (Xu L., Sarrafzadeh, A., 2004), WHAT (Web-Based Haskell Adaptive Tutor (López, N., Núñez, M., Rodríguez, I., and Rubio, F. 2002), ActiveMatch (Melis et al., 2001), y otros que mencionamos en los apartados 3.7.1 y 3.7.2.

### **3.7 El modelado del STI y el problema de su implementación**

Al inicio del capítulo se expuso que el objetivo principal de un STI es la enseñanza personalizada y adaptada a las características del alumno, el STI conjugará una propuesta formativa sobre un determinado dominio de conocimiento (asignatura, rol profesional, capacidades específicas, etc.).

En el apartado 2.4.1 se puso de manifiesto que toda propuesta formativa se sustenta en el diseño curricular que puede adoptar distintos enfoques, cada uno de los cuales responderá a las concepciones que se sustentan la formación, sobre el enseñar, el aprender, y el papel y la organización que, en la propuesta formativa, tendrán la teoría y la práctica.

Por lo tanto, en la concepción de un STI subyacen criterios pedagógicos asumidos por el diseñador.

En esta sección se aborda la problemática relativa al modelado de componentes de un STI y la manera en que esto afecta a la implementación de una propuesta formativa por parte de un docente experto en un dominio (en forma independiente del diseñador).

Para ello se estudian algunos STI desarrollados por otros investigadores con el objetivo de ver por una parte como representan el modelo de dominio y modelo del alumno y por otra los problemas expuestos a la hora de implementar el STI en una propuesta concreta.

El problema asociado a la implementación se aborda desde dos vertientes, en primer lugar desde los STI diseñados para cubrir un dominio específico y en segundo lugar desde los STI diseñados para satisfacer dominios genéricos (posibilitan diseñar la propuesta formativa e implementarla).

### 3.7.1 STI diseñados para cubrir un dominio específico

Un gran número de STI asumen criterios pedagógicos ajustados a un determinado dominio, donde el diseñador ha hecho las veces de experto o bien a trabajado estrechamente con un experto en el dominio, los modelos y los procesos asociados están finamente ajustados a las necesidades.

Siendo rigurosos, estos tipos de STI no presentan inconvenientes de implementación ya que como dijimos están ceñidos a un dominio específico, logrando resultados satisfactorios.

La limitación real es que su implementación queda acotada precisamente a un único dominio. Algunos de los STI de este tipo son:

- A) *ELM-ART* (Episodic Learner Model Adaptive Remote Tutor) (Weber y Specht, 1997; Weber y Brusilovsky, 2001): es un sistema que funciona a través de Internet para enseñar conceptos básicos del lenguaje de programación LISP. El modelo del dominio de ELM-ART está organizado en una red de conceptos, estructurada jerárquicamente en capítulos, secciones y subsecciones. Estas últimas, a su vez, se descomponen en páginas terminales o unidades. El sistema genera y actualiza un modelo del alumno abierto, inspeccionable e incluso modificable por él mismo. Se trata de un modelo de superposición sobre el modelo de dominio.
  
- B) *ActiveMatch*: Es un sistema de enseñanza a través de la Web que genera dinámicamente cursos de Matemáticas adaptados a los objetivos, preferencias, capacidades y necesidades de los alumnos (Melis et al., 2001). El conocimiento se estructura en conceptos, que pueden ser definiciones, axiomas, asertos, métodos de prueba, algoritmos, etc. A su vez, pueden estar relacionados con ítems, y pueden ser ejemplos, ejercicios, elaboraciones, motivaciones, o introducciones a nuevos contenidos. Los conceptos se enlazan entre sí mediante relaciones del tipo: dependencia matemática, prerrequisitos pedagógicos, referencias; y los ítems se asocian a los conceptos a través de relaciones del tipo: ejemplo, ejercicio, motivación o prueba de un aserto.

C) *QUANTI*: STI sobre Física Cuántica (Aimeur et al., 2001) utilizado para enseñar cómo se procesa la información cuántica. Este dominio, según los autores, requiere del uso de modelos del alumno categorizados, ya que puede aplicarse a diversas disciplinas tales como la Informática, la Química, las Matemáticas o la Física. En el modelo del dominio, el conocimiento se representa utilizando redes semánticas, es decir, un grafo donde los nodos (entidades) son piezas de conocimiento y los vértices representan relaciones entre éstos. Esta red representa el nivel superior de la base de conocimiento. Cada concepto a su vez puede descomponerse en tres tipos de nodos: componentes, características y ejemplos. Un componente es una de las piezas de conocimiento que conforman el concepto; las características están asociadas a un concepto; y por último, los ejemplos sirven para ilustrar componentes.

El modelo del alumno se compone de tres submodelos, el modelo cognitivo implementado mediante un modelo de superposición que deriva su estructura directamente del modelo del dominio, el modelo afectivo que representa el estado emocional del alumno y el modelo inferencial que representa las inferencias que se llevan a cabo a partir de la información de los otros dos modelos, los cuales se encarga además de actualizar.

D) *HEZINET*: es un STI basado en Web para la enseñanza de la lengua vasca completamente desarrollado e implantado en diversos centros de educación (Gutiérrez et al., 2002; López Cuadrado et al., 2002). Este sistema integra una aplicación para la administración de TAI.

E) *WHAT (Web-Based Haskell Adaptive Tutor)*: es un STI de Haskell basado en Web (López, N., Núñez, M., Rodríguez, I., and Rubio, F. 2002) que puede ser utilizado por los alumnos como complemento a las clases teóricas del lenguaje de programación funcional Haskell. WHAT es fruto de la preocupación de sus autores por mejorar la enseñanza de la programación a los alumnos de primer año de Matemáticas. El departamento donde se desempeñan los autores imparte los lenguajes Haskell, Java y Pascal. WHAT trabaja en base a un módulo adaptativo de clases instanciando a partir de éste los modelos de alumnos individuales. La arquitectura parece estar mas basada en la experiencia docente y apoyada en el

diseño curricular de la asignatura impartida, incluso permite al profesor cambiar ciertos parámetros.

- F) *Haskell-Tutor* (Xu L., Sarrafzadeh, A., 2004): Haskell-Tutor es un STI con arquitectura bien fundamentada basado en restricciones diseñado para ayudar a los programadores principiantes a aprender el lenguaje de programación Haskell, se diseñó como un entorno guiado de aprendizaje cuyo objetivo principal es proporcionar ayuda a los alumnos para superar algunas de las dificultades que se le presentan en el aprendizaje del lenguaje de programación funcional Haskell. Este STI se centra en ofrecer a los alumnos una instrucción efectiva imitando un tutor humano. Haskell-Tutor utiliza un enfoque de modelado del alumno basado en restricciones, que se centra en el dominio de conocimiento correcto. El dominio de conocimientos se representa como una serie de restricciones. Una restricción específica una propiedad del dominio que es compartida por todas las soluciones correctas.
- G) *ANDES*: es un STI para enseñar Física Clásica Newtoniana (Conati et al., 1997), especialmente destinado a alumnos universitarios de Academias Navales y de secundaria, de escuelas controladas por el departamento de Defensa de los EEUU. ANDES mantiene modelos de alumnos que se actualizan mediante redes bayesianas, que contienen 540 reglas, las cuales permiten resolver 120 problemas de mecánica. Antes de poder utilizar estas reglas es necesario estimar la probabilidad a priori de que un alumno sea capaz de aplicarlas. Para determinar estos valores se utiliza un pretest en el que cada regla es tratada como una subtarea distinta (VanLehn et al., 1998). De esta forma, se determina qué regla domina cada alumno. Contando el número de veces que cada una de ellas es conocida por un alumno, es posible estimar su probabilidad a priori en una cierta población. Con este fin, se desarrolló un test de 34 ítems de opción múltiple y de respuesta corta. Si el examinando respondía correctamente a la pregunta, se asumía que era capaz de aplicar la regla asociada.
- H) *OLAE Y POLA*: OLAE (del inglés, On-Line/Off-line Assessment for Expertise) (Martin y VanLehn, 1995; VanLehn y Martin, 1998) es un sistema para el



modelado del alumno basado en la técnica de seguimiento del conocimiento. OLAE recoge datos de estudiantes mientras que resuelven problemas de introducción a la Física. A partir de esta información, es capaz de diagnosticar el conocimiento de éstos en 290 piezas de conocimiento (representadas mediante reglas). Utiliza las acciones del alumno para evaluar la probabilidad de que éste sepa las reglas físicas o algebraicas codificadas en su modelo de conocimiento.

- I) POLA (en inglés, Probabilistic On-Line Assessment) (Conati y VanLehn, 1996; Conati et al., 2002) es un marco de trabajo para el modelado del alumno basado en una evaluación estadística de su comportamiento mientras que éste resuelve problemas. Hasta su aparición, el modelado del estudiante basado en probabilidades se fundamentaba en la realización de un seguimiento de su conocimiento. POLA fue desarrollado tomando como base OLAE. El objetivo inicial era la creación de un sistema que permitiera modelar al alumno aplicando las técnicas de seguimiento del modelo y de seguimiento del conocimiento.

### 3.7.2 STI diseñados para satisfacer dominios genéricos

Los STI para dominios genéricos tienen el objetivo de proveer un entorno para el diseño e implementación de propuestas formativas de cualquier dominio, el problema surge cuando el docente experto debe adaptar los distintos componentes del diseño curricular a las especificaciones del modelo de dominio y modelo del alumno (que estarán en función de cómo se representa el conocimiento en estos modelos), otra cuestión es la correcta interpretación de los parámetros que deberá proveer al STI, sobre todo en aquellos cuyo proceso de diagnóstico del alumno hacen uso de heurísticos.

Seguidamente se describen algunos de los STI de este tipo, destacando los problemas expresados por sus diseñadores:

- A) *DCG* (Dynamic Course Generation) (Vassileva, 1997): es una herramienta para la creación de STI a través de la Web. Permite la generación de cursos individualizados en función de los objetivos de aprendizaje y del conocimiento previo del alumno. Separa la estructura del modelo del dominio del material pedagógico. Asimismo, adapta dinámicamente el curso de acuerdo con los logros del estudiante. Dado un concepto, objeto de estudio por parte del alumno, y su

modelo de usuario inicializado a través de un pretest, el planificador de instrucción busca los subgrafos del modelo del dominio que conectan los objetivos con los nodos de éste. El modelo del alumno es de superposición sobre el del dominio. El estudiante, durante el proceso de instrucción, puede ser evaluado en cualquier momento mediante la realización de un test. Para calcular su nivel de conocimiento, tras realizar el test, se utiliza un heurístico. Si el alumno no tiene el nivel de conocimiento requerido en el concepto que acaba de estudiar, antes de avanzar y estudiar otros, se vuelve a mostrar el mismo pero esta vez utilizando otro material educativo. Si vuelve a no superar el nivel necesario se llevaría a cabo una replanificación. El sistema incluye una herramienta de autor para la construcción del modelo del dominio y para la inserción de los ítems. Cada concepto tiene asociado un fichero HTML con el material educativo y applets para incluir diversos tipos de ítems. Por cada concepto, debe definirse el material educativo asociado y los ítems. Cuando se añade un ítem, debe especificarse su dificultad y un coeficiente que representa la contribución de una respuesta (correcta o incorrecta) a la puntuación global de los conceptos relacionados dentro del modelo del alumno. El nivel de conocimiento se define como el grado de conocimiento que tiene el estudiante sobre un concepto y está representado por una estimación probabilística.

B) *TANGOW* (en inglés, Task-based Adaptive Learner Guidance on the Web) (Carro, 2001; Carro et al., 2001): es un sistema que genera cursos adaptativos a través de Internet. Esta aplicación genera de forma dinámica documentos que se presentarán a los alumnos durante un curso, y que se componen a partir de fragmentos de contenido proporcionados por el diseñador del curso.

En *TANGOW*, cada curso viene descrito mediante un conjunto de tareas y reglas docentes. Las tareas representan las unidades en las que puede dividirse el curso, y las reglas docentes determinan las relaciones entre éstas. La adaptación de los contenidos de un curso la lleva a cabo el denominado Gestor de Tareas. Su objetivo principal es decidir en cada momento la siguiente tarea o tareas que el alumno puede o debe realizar. Esto se hace en función de: (1) la estructura del curso, esto es las tareas y reglas definidas por el diseñador; (2) la estrategia de aprendizaje, seleccionada inicialmente por el estudiante (teoría antes de práctica o

práctica antes de teoría); (3) sus datos personales, es decir, sus preferencias; y (4) las acciones que ha llevado a cabo con anterioridad durante la realización del curso.

- C) *ALICE* (en inglés, *Adaptive Link Insertion in Concept-based Educational System*) (Kavcic et al., 2002): es STI basado en Web diseñado en principio para cualquier dominio, que se adapta a las características de cada usuario. Tiene un modelo del dominio basado en una red de conceptos (grafo acíclico) vinculados con relaciones de prerequisites de dos tipos: esencial, si es crucial que el usuario sepa el concepto precedente, y de soporte, si saber el concepto precedente no es fundamental, pero sí recomendable. El modelo del alumno es de superposición sobre el dominio, en el que el conocimiento de un concepto se describe mediante una tripleta de funciones miembro para conjuntos difusos de conceptos desconocidos, conocidos y aprendidos. Este modelo se actualiza mediante la aplicación de reglas difusas.
- D) *INSPIRE* (en inglés, *Intelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment*) (Gouli et al., 2001; Papanikolaou et al., 2003): es un STI basado en Web que acota el dominio de aprendizaje al comienzo de la instrucción y lo desarrolla forma progresiva conforme se avanza en el mismo. Se basa en objetivos de aprendizaje escogidos por el alumno, en relación a los cuales se generan las lecciones. Otros parámetros del estudiante que influyen en la selección de las lecciones son su nivel de conocimiento y el estilo de aprendizaje que ha elegido. El modelo del dominio es jerárquico y está estructurado en tres niveles: objetivos de aprendizaje, conceptos y módulos de conocimiento.
- E) *PASS*: Desarrollado por el mismo grupo de investigación que ha desarrollado *INSPIRE*, *PASS* (en inglés, *Personalized Assessment Module*) (Gouli et al., 2002) fue concebido como un módulo de diagnóstico, que puede STI basado en Web con modelos del dominio estructurados, y modelos del alumno que almacenen información sobre cuánto sabe éste, extraída de interacciones a través de la navegación.

### 3.9 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se estudiaron los STI, su arquitectura y sus componentes, quedando de manifiesto que el desarrollo de un STI implica la conjunción de diversos campos de conocimientos como la IA (sistemas expertos, redes bayesianas, lógica difusa, etc.), psicología cognitiva e investigación educativa.

Como vimos cada uno de los componentes exige por si solo una ardua tarea para su diseño y desarrollo. Por esta razón algunos investigadores desarrollan STI poniendo mayor énfasis sólo en algunos de sus componentes. No obstante a ello existen numerosos ejemplos de aplicaciones exitosas de STI en diversas áreas tales como: ELM-ART (enseñanza de LISP), ActiveMath (matemáticas), QUANTI (física cuántica), Haskell-tutor (programación funcional en Haskell), HEZINET (idioma vasco), ANDES (física), etc.

Los STI que cubren un dominio específico asumen criterios pedagógicos ajustados al dominio, dado que el diseñador ha hecho las veces de experto o bien a trabajado estrechamente con un docente experto en el dominio, los modelos y los procesos asociados cubren adecuadamente las necesidades formativas, logrando resultados satisfactorios. La limitación real es que su implementación queda acotada precisamente a un único dominio.

En los STI para dominios genéricos el problema surge cuando el docente experto debe adaptar los distintos componentes del diseño curricular a las especificaciones del modelo de dominio y modelo del alumno (que estará en función de cómo se representa el conocimiento en estos modelos), otra cuestión es la correcta interpretación de los parámetros que deberá proveer al STI, sobre todo en aquellos cuyo diagnóstico del alumno utilizan heurísticos.

## 4. Arquitectura del modelo STI-C propuesto

La propuesta de nuestra investigación concluye en este capítulo con la presentación de una arquitectura STI genérica orientada desde los principios del diseño curricular basado en competencias (DCBC). La arquitectura proveerá al docente experto de una plataforma que posibilite la implementación de una propuesta formativa más transparente desde el DCBC al SIT-C, por lo cual apoya el modelo de EBC que actualmente emerge con fuerza como nuevo (renovado) paradigma educativo y con tendencia a crecer.

Para ajustar el diagnóstico del STI-C se adapta dos modelos de TAI cognitivo para evaluar competencias.

En la sección 4.1 presentamos una relación intuitiva entre el DCBC y el modelado de componentes del STI-C con la finalidad de orientar su estructura y modelado, en la sección 4.2 proponemos una arquitectura de STI-C coherente con el enfoque DCBC y finalmente sobre estas bases detallamos las características de los componentes del STI-C.

### 4.1 Aproximación intuitiva a la relación DCBC – STI-C

En esta sección exponemos una relación intuitiva entre el DCBC y el modelado de componentes del STI-C, el procedimiento -que describiremos seguidamente- conjuga la aproximación propuesta. Este relación consiste en asociar elementos del DCBC a componentes y procesos del STI-C, de manera de mejorar la comprensión de su funcionamiento por parte del docente experto y por lo tanto la calidad de las implementaciones de propuestas formativas.

En *el figura 3* se mostró un esquema de relaciones entre el análisis funcional, las normas de competencia y el DCBC, enmarcado en la EBC, en *la figura 5* se introduce el STI-C al esquema anterior. Una descripción general del proceso se expone en el apartado siguiente y una descripción detallada en las secciones 4.2 y 4.3.

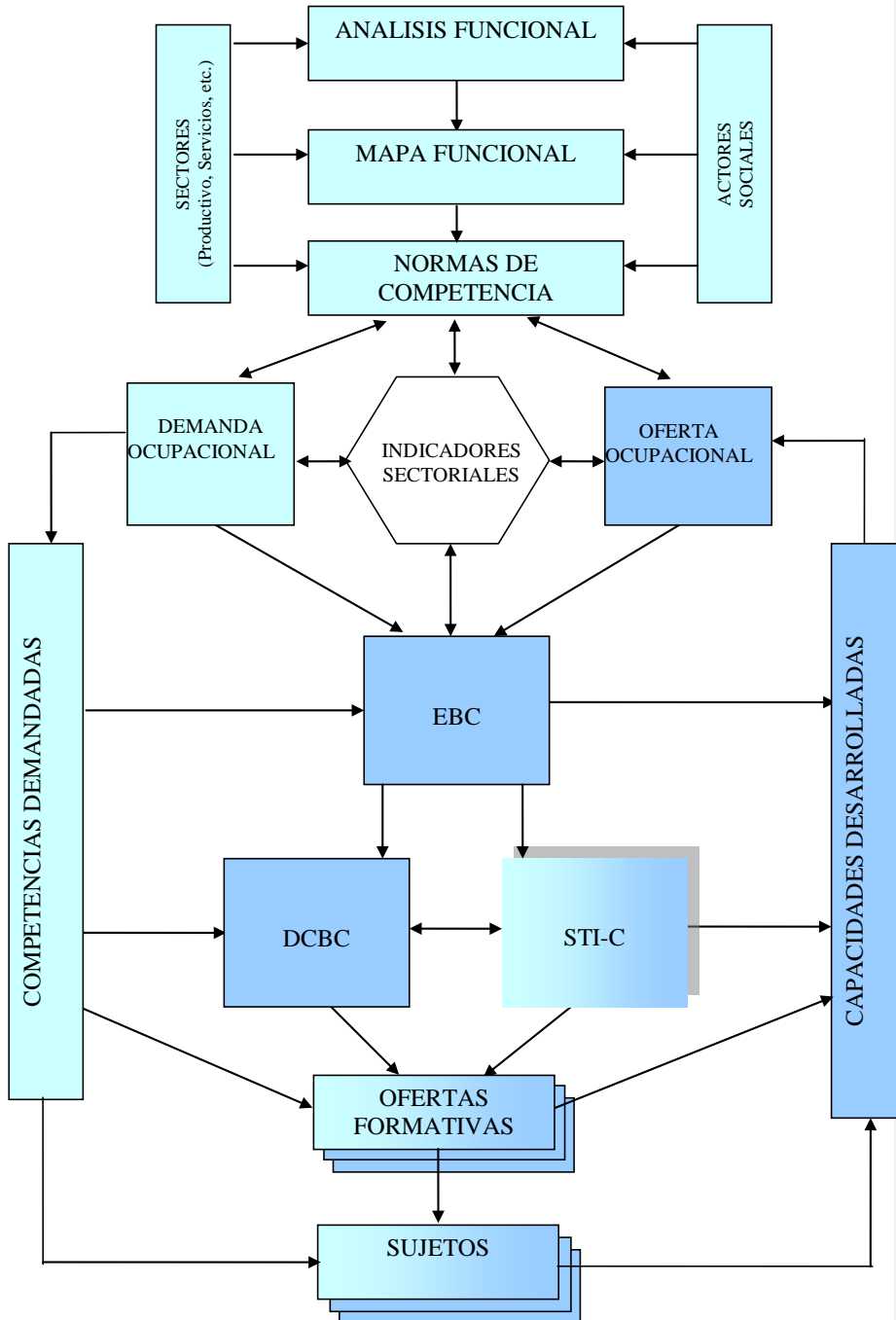


figura 5 – Esquema: relación del STI-C con el DCBC en el marco EBC

**El punto de partida:** como vimos en el apartado 2.5, el DCBC parte del análisis funcional del sector ocupacional, donde se han definido las unidades de competencias (*uc*) y elementos de competencias (*ec*) que conforman el perfil de competencias profesional o de un dominio. Si bien el DCBC se basa en el mapa funcional, este responde a la lógica de las funciones a desempeñar por el perfil, mientras aquel se ajusta a la lógica de los procesos de enseñanza y aprendizaje (proceso formativo). Por lo tanto no existe una equivalencia directa y será necesaria una transposición.

**Derivación de capacidades:** El proceso formativo apunta al desarrollo de las capacidades que permitan desempeños competentes del perfil en diversidad de situaciones. Cada capacidad a desarrollar se infiere del análisis del mapa funcional y agrega (siguiendo la lógica del proceso formativo) uno o más elementos de competencias (*ec*).

**Las capacidades como nexo:** En virtud de la relación anterior y mediante los descriptores del *ec* tendremos los elementos para determinar, a) el grado de desarrollo de la capacidad, b) las situaciones problemáticas, c) los conocimientos (contenidos) relacionados.

**Del perfil al dominio de conocimiento:** Dado que el perfil de competencias (que engloba las *uc* y los *ec*) representa el desempeño competente del experto en la función, adecuadamente organizados conformarán el dominio de conocimiento que sustentará el modelo de dominio y el modelo del alumno, los detalles de ambos modelos se abordan en las secciones 4.4 y 4.5 respectivamente.

**Organización de contenidos:** Al interior de cada *ec* los descriptores de *evc* determinan el conocimiento científico tecnológico necesario para posibilitar la comprensión, reflexión y justificación de desempeños competentes. Estos contenidos responden a una estructura lógica disciplinar por lo que su estructuración didáctica deberá otorgarle significación lógica y psicológica para facilitar su apropiación.

**Módulo didáctico - planeamiento didáctico:** El módulo se organizará alrededor de una situación problema que apunta al desarrollo de una capacidad. Los contenidos del módulo son convocados por el problema a resolver y convergen desde los descriptores de *evc* de los *ec*. El modelo pedagógico estructura lógica y psicológicamente el material didáctico, el

planificador didáctico lo adapta al nivel de competencia del alumno y sugiere un itinerario de acuerdo un proceso de recomendación adaptativo.

Definido el problema como eje del módulo, pasará a formar parte del modelo de dominio incorporándose al banco de problemas.

**De la evidencia al diagnóstico:** La evaluación en base ABP supone la posibilidad de valorar procesos y resultados (Badaracco, 2006), a la resolución solo es posible arribar mediante la comprensión global del problema y la puesta en acción de las capacidades en juego. La resolución se sintetiza en ciertos valores de respuestas, estos valores están asociados a las consignas del problema, las que se derivan de los descriptores *evd* y *evp*.

Cada *evc* y *evd* del *ec* tendrá asociado un banco de ítems. El proceso de diagnóstico se aborda con más detalle en la sección 4.3.3.



## 4.2 Descripción de la arquitectura propuesta para el STI-C

En esta sección presentamos la estructura del STI-C cuya arquitectura busca ser coherente con los principios del enfoque DCBC. En la sección siguiente se detallan estos componentes. En la *figura 6* se esquematiza la arquitectura propuesta.

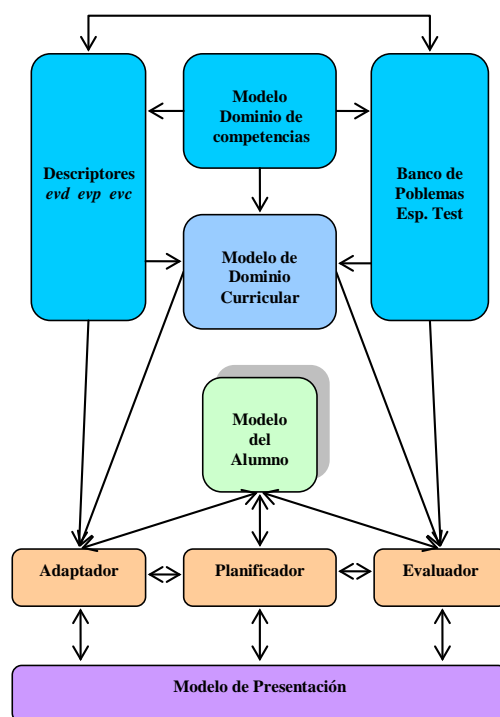


Figura 6 – arquitectura STI-C

De forma general podemos describir los componentes de la arquitectura STI-C propuesta como sigue:

*El módulo de dominio:* Contiene el perfil de competencias del experto en un dominio de conocimiento. Se compone a su vez, en cuatro componentes: a) Un modelo de dominio de competencia (MDCo) (derivado del mapa funcional), se representa mediante una red conceptual que incluye unidades de competencia, elementos de competencia, descriptorios

y las relaciones entre estos; b) un modelo de dominio curricular (MDCu) organizado en módulos didácticos que elabora el docente en base al DCBC sobre el MDCo, c) Un banco de descriptores que incluyen las evp, evd y evc, los dos últimos tienen asociado un banco de ítems, d) un banco de problemas relacionados con cada módulo del MDCu y de especificaciones de test, ambos definidos por el docente.

*El modelo del alumno (MAC):* Se encarga de almacenar toda la información referente al alumno y su representación dentro del modelo de diagnóstico.

*El módulo adaptador:* Su misión es decidir qué problema (y nivel) proponer al alumno, que ítem debe mostrarse dentro de un test, que material didáctico y que ayuda debe mostrarse al alumno, teniendo en cuenta: (1) Información de su modelo, considerando su distribución de capacidades (competencias) estimada en los problemas resueltos (módulos acreditados), los ítems que le han sido previamente administrados, itinerarios de alumnos con perfiles similares. (2) Parámetros de configuración de test configurados por el profesor: criterio de selección de ítems, descriptores (evc, evd) evaluados, etc. (3) Ítems que forman parte de los bancos de ítems de los descriptores (evc, evd) evaluados en el test. Asimismo este módulo determina cuando finalizará el test de acuerdo un determinado criterio fijado.

*El módulo planificador didáctico:* En base al nivel de capacidades (competencias) del alumno, los objetivos del módulo didáctico, los contenidos de los descriptores (evc), el planificador propondrá un determinado itinerario. El generador de contenidos del planificador didáctico programará los contenidos necesarios para superar la situación problema planteada en el módulo didáctico. Si el sistema determina que son necesarias capacidades previas sugerirá un determinado recorrido para su desarrollo.

*El módulo evaluador:* Su misión es inferir el nuevo nivel de competencias del alumno una vez que resuelve un problema o responde a un ítem en un test, luego actualiza su modelo. Asimismo, antes de tener ningún tipo de evidencia sobre el nivel de competencias del alumno, este módulo inicializa su modelo. Conforme el alumno avanza en el itinerario de los distintos módulos didácticos, se estimarán las nuevas distribuciones de capacidades desarrolladas (niveles de competencias) del alumno en los descriptores correspondientes.

*El módulo de presentación:* Soporta la interacción con el usuario. Una vez que se ha determinado qué problema (y nivel) debe proponerse, qué ítem debe administrarse, qué material didáctico debe mostrarse, se presentarán al alumno a través de este módulo. La resolución del problema, la respuesta que el alumno suministra y el itinerario del alumno son capturados a través de este módulo y enviados para su evaluación.

### **4.3 Modelado basado en competencias**

En la sección 4.1. se hizo una aproximación desde los principios del DCBC a los procesos y componentes del STI con la finalidad de orientar su estructura y modelado, en la sección 4.2 hemos propuesto una arquitectura de STI-C coherente con este planteamiento, sobre esta base se presenta en mayor detalle dicha propuesta para los componentes del STI-C descrito gráficamente en la *figura 6*

#### **4.3.1 Modelo de dominio**

Seguidamente se describen los componentes del modelo de dominio

##### **4.3.1.1 Modelo de dominio de competencias - MDCo**

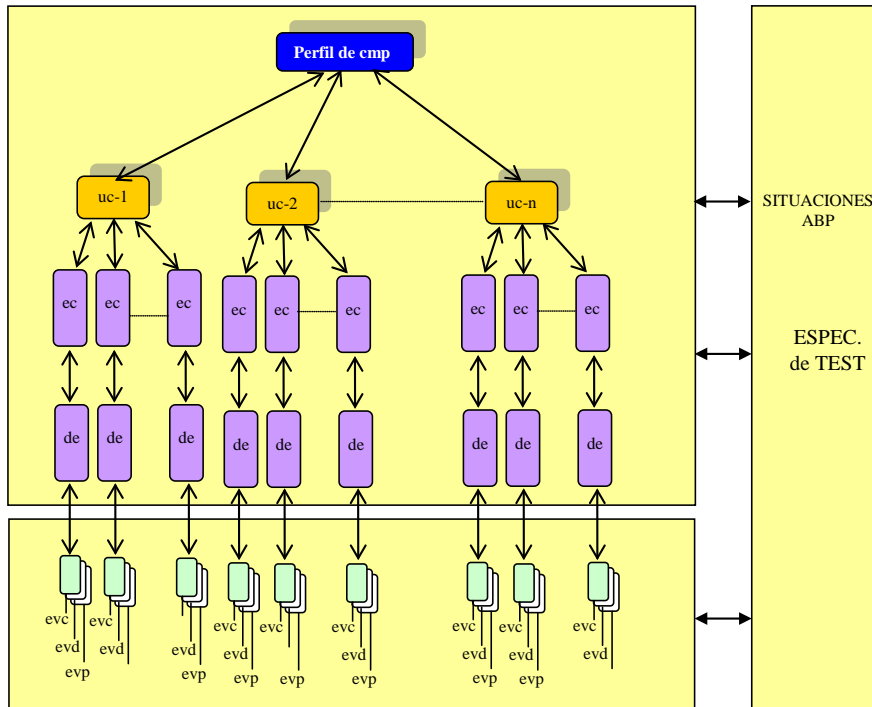
Contiene el perfil de competencias del experto en un dominio de conocimiento, se representa mediante una red conceptual que incluye unidades de competencia (*uc*), elementos de competencia (*ec*), descriptores (*evc*, *evd*, *evp*) y las relaciones entre estos.

Es importante remarcar que a diferencia de los STI mencionados en 3.7.1 y 3.7.2, la red conceptual del MDCo no representa el conocimiento del experto, sino el perfil de competencias (capacidades mucho más complejas que integran al conocimiento como un componente). Esta estructura se fundamenta en el mapa funcional y la norma de competencia derivada, es bien conocida por el docente experto. Seguidamente describimos la organización del mismo:

a) Partimos del *perfil de competencias* profesionales, o de un determinado dominio.

- b) Descomposición del perfil en *unidades de competencias (uc)*, una *uc* se ubica en el más alto nivel dentro del perfil de competencias.
- c) Cada *unidad de competencia (uc)* se desagrega en *elementos de competencias ec*, una *uc* según su complejidad o su variedad, puede especificarse en uno o en varios *ec*, un *ec* implicará una capacidad de actuación (desempeño) susceptible de ser observada mediante una serie de descriptores.
- d) Cada *ec* tiene asociado descriptores que representarán la *evidencia de desempeño (evd)*, *evidencia de producto (evp)* y *evidencia de conocimiento (evc)* juntos configurarán el nivel de competencia alcanzado.
- e) *Evidencias de desempeño (evd)*: descriptor de los signos que transparentan o sirven para controlar que un determinado proceso está siendo realizado de acuerdo a "buenas prácticas".
- f) *Evidencias de producto (evp)*: descriptor de los signos de evidencia tangibles en el nivel de los resultados o del producto, cuando se ha actuado a partir de consagrar las "buenas prácticas".
- g) *Evidencias de conocimiento (evc)*: descriptor del conocimiento científico - tecnológico que permite al trabajador o a la trabajadora comprender, reflexionar y justificar los desempeños competentes.
- h) Desde el punto de vista evaluativo el nivel de competencia puede ser abordado desde una óptica dimensional de sus componentes (conocimientos, actitudes y aptitudes), las evidencias en situación dada serán indicativas del nivel de competencia alcanzado.

En la *figura 7* mostramos un esquema simplificado del *modelo de dominio de competencias* que conjuga la representación del perfil de competencias en el modelo de dominio.



cmp=competencia      ec=elemento de competencia      evc= evidencia de conocimiento  
uc=unidad de competencia      evd= evidencia de desempeño      evp=evidencia de producto      de=descriptor

figura 7 – Relación entre los elementos del Modelo de dominio de competencias

#### 4.3.1.2 Modelo de dominio curricular - MDCu

Conforme se determinó en la sección 4.2 el MDCu reorganiza el MDCo siguiendo la lógica del proceso de enseñanza-aprendizaje.

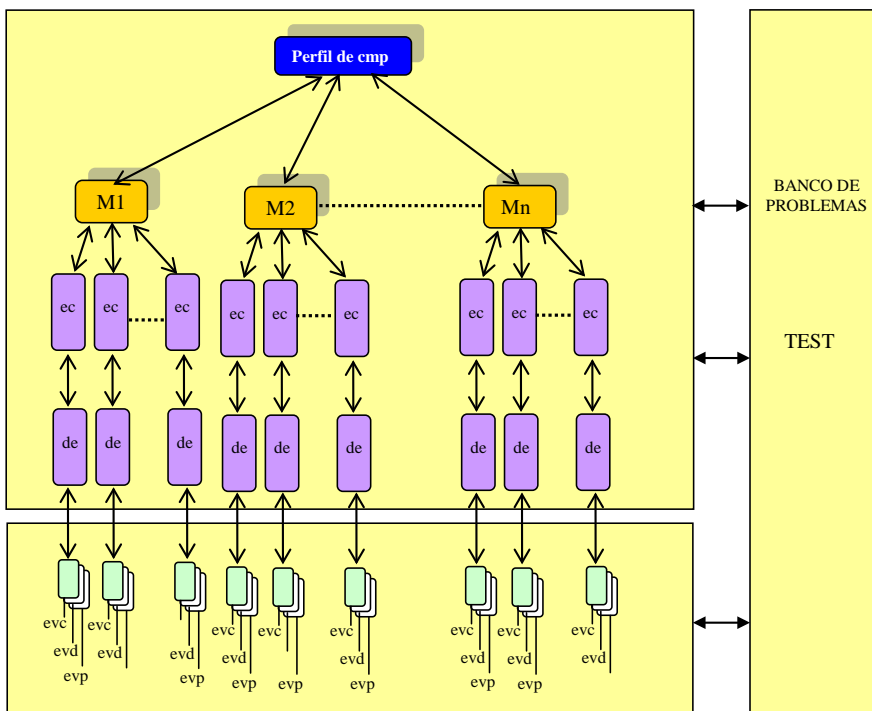
El proceso formativo apunta al desarrollo de las capacidades que permitan desempeños competentes del perfil en diversidad de situaciones. Cada capacidad a desarrollar se infiere del análisis del mapa funcional y agrega (siguiendo la lógica del proceso formativo) uno o más elementos de competencias (*ec*).

En virtud de la relación anterior y mediante los descriptores del *ec* tendremos los elementos para determinar, a) el grado de desarrollo de la capacidad, b) las situaciones problemáticas, c) los conocimientos (contenidos) relacionados.

El MDCu tendrá una estructura modular, un módulo didáctico (*Mi*) es la unidad que permite estructurar los objetivos, los contenidos y las actividades en torno a un problema de la práctica profesional y de las capacidades que se pretenden desarrollar, las cuales, son inferidas a partir de los elementos de competencia.

Como se vió el MDCu se puede construir en forma casi transparente desde el DCBC de una propuesta a implementar.

En la *figura 8* se esquematiza el MDCu.



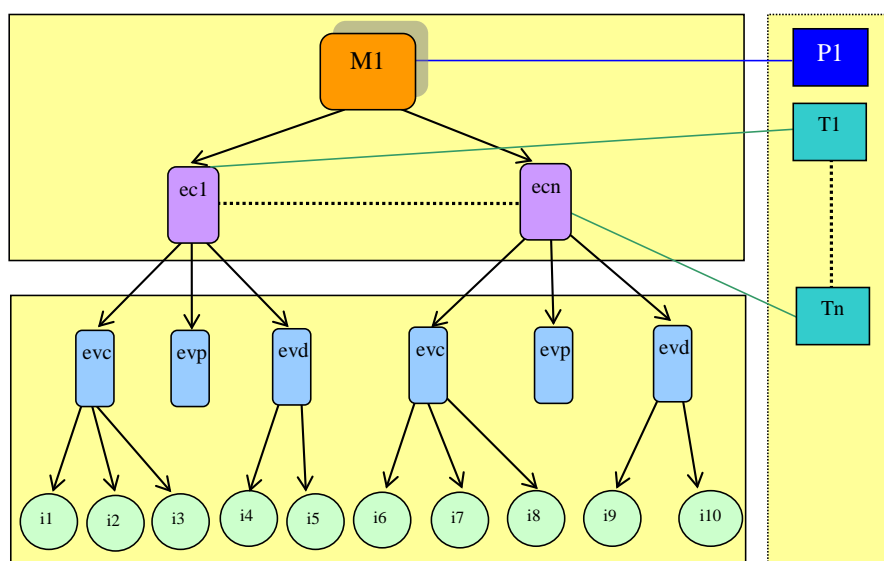
*figura 8 –estructura del MDCu*

### 4.3.1.3 Estructura del módulo didáctico

Un módulo, a diferencia de una forma de organización curricular tradicional, propone un recorrido, un guión, un argumento a desarrollar configurado por las problemáticas del campo profesional que se van trabajando y en torno a las cuales se articulan los contenidos. Los contenidos convergen porque son convocados por la situación problemática derivada de la práctica profesional. Se trata de una estructuración en torno a una situación que, vinculada a un problema, posibilita la selección de los contenidos necesarios para desarrollar las capacidades que permitirán su resolución.

A un mayor nivel de detalle las *evc* y *evd* tendrán asociados un banco de ítems que se utilizarán en los test conforme a las especificaciones de test y las *evp* se utilizarán para configurar las situaciones ABP que permitirá acreditar el módulo didáctico.

Esta parte del MDCu se esquematiza en la *figura 9*.



*P*: Problema asociado a la práctica profesional relacionado con el módulo  
*T*: test sobre un *ec*  
*I*: ítem del banco de ítems asociado a las *evc* y *evd*

*figura 9 – Estructura del módulo didáctico*

### 4.3.2 Modelo del alumno basado en competencias - MAC

El MAC almacena toda la información referente al alumno y su representación dentro del modelo de diagnóstico, para ello utiliza un modelo de superposición sobre el MDCu, esto permitirá acreditar las capacidades asociadas al módulo didáctico.

Cada nodo de la red MAC relativos a las *evd* y *evd* almacena una distribución de probabilidades discreta correspondiente al conocimiento técnico-científico del alumno sobre el descriptor, la cual se infiere de las respuestas a los ítems que componen un test.

Cada nodo *ec* almacena una distribución de probabilidades correspondiente al conocimiento técnico-científico del alumno sobre el mismo y estará en función de los *evc* y *evd* que agrega.

Los nodos de módulos didácticos  $M_i$  almacenan una distribución de probabilidades correspondiente al nivel de competencias del alumno sobre las capacidades abordadas en el módulo, esta se infiere de las resoluciones de los problemas asociados y de los *ec* que agrega.

### 4.3.3 Diagnóstico basado en competencias

En este apartado introducimos una adaptación de TAI cognitivo que posibilite evaluar competencias, dado que las estructuras propuestas para el MDCo, el MDCu y el MAC propician la necesidad de evaluar considerando los principios de DCBC, de modo tal que el proceso de diagnóstico actualice de forma efectiva y eficiente el MAC.

El modelo del alumno y el proceso de diagnóstico son vitales para el resto de los componentes y sus procesos asociados, es crucial implementar metodologías y técnicas de evaluación sólidamente fundamentadas. Por ello trabajamos en la adaptación del modelo de evaluación cognitivo desarrollado por Guzmán (2005), quien propone la aplicación de Test Adaptativos Informatizados (TAI) cognitivos, solventando los problemas de la utilización de test heurísticos, muchas veces carentes de de garantía, validez, fiabilidad, etc.



En este apartado introducimos conceptos asociados a los test como dispositivos de evaluación en los STI, poniendo énfasis en los TAI y particularmente en el modelo de TAI cognitivo que adaptaremos como dispositivo de evaluación.

#### 4.3.3.1 Los test en la evaluación

Los test constituyen dispositivos de evaluación ampliamente extendido por su generalidad, facilidad de implementación y corrección automática. Según la Real Academia de la Lengua Española un test “*es una prueba destinada a evaluar conocimientos o aptitudes, en la cual hay que elegir la respuesta correcta entre varias opciones previamente fijadas*”. En su forma más simple, se compone de un conjunto de instrumentos de medida (preguntas o tareas), que un cierto sujeto debe completar, y que suelen recibir el nombre genérico de *ítems*.

Con el auge de las PC a finales de la década del ochenta empezaron a implementarse test de soporte electrónico, surgiendo los denominados *Test Administrados por Computador* (TAC). Desde estos primeros TAC de características secuenciales y rígidas se ha evolucionado a los sofisticados *Test Adaptativos Informatizados* (TAI) actuales, que son los utilizados como dispositivos de evaluación en la gran mayoría de los STI.

Según Brusilovsky y Miller (1999), dentro de los sistemas educativos actuales, los tests representan uno de los componentes más utilizados para la evaluación. Los tests de evaluación se utilizan en este ámbito como instrumento para medir el conocimiento del alumno en una determinada disciplina. La utilidad de los test es si cabe más importante en los STI. La evaluación basada en tests es esencial para lograr un proceso de aprendizaje óptimo (Anderson et al., 1989) en aquellos sistemas en los que, junto con la corrección de cada pregunta, se muestra además un refuerzo. Estos últimos son piezas del conocimiento que contribuyen a que el alumno corrija conceptos aprendidos de forma errónea, o bien aprenda otros nuevos, desconocidos hasta ese momento. Son los denominados tests de autoevaluación. Además, los resultados de un individuo en un test (construidos con fundamentos teóricos sólidos) son una fuente fiable de evidencias sobre si éste ha asimilado los conceptos evaluados. Mediante tests se pueden actualizar los datos que una

herramienta de este tipo posee sobre el estudiante, los cuales se almacenan en el denominado modelo del alumno.

En un STI los tests podrán utilizarse de distintas formas y en diferentes momentos: antes del inicio del proceso aprendizaje, se hacen uso de los denominados *pretests*, que permiten inferir los conocimientos previos o nivel inicial del conocimiento del alumno. Durante éste, pueden utilizarse como complemento adicional mediante los *tests de autoevaluación* anteriormente mencionados, o como medida de la evolución del aprendizaje del individuo. Finalmente, cuando acaba la instrucción un *post-test* permite medir el grado de aprendizaje que ha alcanzado el alumno.

#### 4.3.3.2 Test Adaptativos Informatizados (TAI)

Un TAI (Wainer, 1990; Olea et al., 1999) es una herramienta de medida administrada a los alumnos por medio de un PC. En general, los ítems se muestran de uno en uno, y la presentación de cada uno de éstos, así como la decisión de finalizar el test y la evaluación del alumno se llevan a cabo dinámicamente, basándose en las respuestas del examinando. Más precisamente un TAI es un algoritmo iterativo que comienza con una estimación inicial del conocimiento del alumno y continúa con los siguientes pasos:

1. Todos los ítems, que no han sido administrados todavía, son analizados para determinar cuál de ellos contribuye en mayor medida a una mejor estimación del conocimiento del alumno.
2. El ítem se muestra al alumno.
3. En función de la respuesta elegida por el examinando, se estima el nuevo nivel de conocimiento de éste.
4. Los pasos del 1 al 3 se repiten hasta que el criterio de finalización del test se satisfaga.

Los criterios para la selección del ítem que debe mostrarse al alumno en cada momento, la decisión de finalizar el test, y la estimación del conocimiento del alumno se basan, en general, en procedimientos bien fundamentados. La selección de ítems y el criterio de parada del test son, por tanto, adaptativos. El número de ítems de un TAI no suele ser fijo, y a cada alumno se le mostrará una secuencia diferente de ítems, e incluso diferentes ítems.

Cada ítem viene caracterizado por un conjunto de parámetros. Éstos se calculan mediante un proceso denominado *calibración*, a partir de los resultados de test realizados con esas mismas preguntas de forma no adaptativa. Cuando estos parámetros están bien determinados, se dice que los ítems están bien calibrados.

Para determinar la siguiente pregunta que debe mostrarse al alumno, así como para determinar el procedimiento de inferencia de su conocimiento y cuándo debe finalizar el test, principalmente se utiliza la denominada Teoría de Respuesta al Ítem (TRI). Existen otras propuestas de TAI que no hacen uso de la TRI como por ejemplo los test ramificados.

Los elementos principales a tener en cuenta en el desarrollo de un TAI son los siguientes:

- Un *modelo de respuesta asociado a los ítems*: Este modelo describe el comportamiento del alumno en el momento de responder, en función de su nivel de conocimiento estimado.
- Un *banco de ítems*: Es uno de los componentes más importantes de un TAI, ya que cuanto mejor sea su calidad, los tests adaptativos serán más precisos. El desarrollo de un buen banco de ítems es la fase más tediosa en la construcción un TAI, ya que éste debe contener un gran número de ítems correctamente calibrados. Diversos autores como Flaugher (1990), Barbero (1999) proponen guías de recomendación a seguir en el proceso de desarrollo y construcción de bancos de ítems.
- El *nivel de conocimiento inicial*: Es muy importante llevar a cabo una buena estimación inicial del nivel de conocimiento del alumno, ya que ésta determinará la extensión del test. Los criterios generalmente utilizados son: la media de los niveles de conocimiento de los alumnos que hayan realizado el test con anterioridad, creación de un perfil y utilizar la media de los alumnos que sean clasificados con ese perfil (Thissen y Mislevy, 1990), etc.
- El *criterio de selección de ítems*: El mecanismo de adaptación propio de los TAI se encarga de seleccionar el siguiente ítem que debe mostrarse al alumno en cada momento. Esta decisión se toma en función del nivel de conocimiento estimado (obtenido a partir de los ítems administrados al alumno con anterioridad).

Seleccionar el ítem más informativo que mejor contribuya a la estimación, mejora la precisión del test y reduce su número de ítems.

- El *criterio de finalización*: Para decidir cuando terminar el test existen diversos modos; el más apropiado, desde el punto de vista de la adaptación, es aquel que finaliza el test cuando la precisión en la estimación del nivel de conocimiento del alumno es mayor que un cierto umbral predefinido. Otros criterios no adaptativos utilizados son: al alcanzar el máximo número de ítems permitidos en un test, agotar el tiempo límite requerido para completar el test, etc.

Algunas de las ventajas del uso de TAI han sido ampliamente analizadas en la literatura (Collins, Greer et al., 1996), (Wainer, 1990) (Mislevy & Almond, 1997):

- Estimaciones más precisas del nivel de conocimiento del alumno.
- Reducción significativa en la longitud del test.
- Mejora en la motivación de los alumnos.
- Almacenamiento y manejo de grandes bancos de preguntas.
- La inclusión de contenido multimedia abre la posibilidad de medir aspectos del conocimiento difíciles de evaluar en los tests tradicionales.

#### 4.3.3.3 Modelo de evaluación cognitiva mediante TAI (Guzmán, 2005)

En este apartado analizamos el funcionamiento de los componentes y procesos del modelo, en el siguiente apartado se explica una posible adaptación a nuestro trabajo.

El modelo de respuesta que se propone tiene tres características fundamentales:

*Discreto*: evalúa niveles de conocimiento discretos sin perder rigurosidad.

*Cuasipolítico*: permite evaluar ítems con múltiples respuestas, cuya calibración ha sido mejorada para favorecer el rendimiento computacional.

*No paramétrico*: las CCO obtenidas en la calibración de ítems y el método de inferencia aplicado no requieren parámetros, alcanzando una precisión igual o superior a los métodos paramétricos.

*Arquitectura*: El modelo de dominio almacena una representación de parte del conocimiento del dominio que tiene el profesor (que es el experto en este ámbito). Este

conocimiento se expresa mediante una red de conceptos que permita establecer una secuencia en la que los alumnos deben estudiar esos conceptos. Las herramientas para el diagnóstico son los ítems y las especificaciones de los tests. Como consecuencia, formalmente, el módulo experto puede verse como una tripleta compuesta por tres grupos: el conjunto de conceptos  $\Omega$ , cuyos elementos están relacionados entre sí formando el modelo conceptual; el conjunto de ítems  $\Phi$ ; y el conjunto de especificaciones de tests  $\Pi$ . En la *figura 10* se muestra una representación gráfica de una posible estructuración del dominio, y su relación con los ítems y tests.

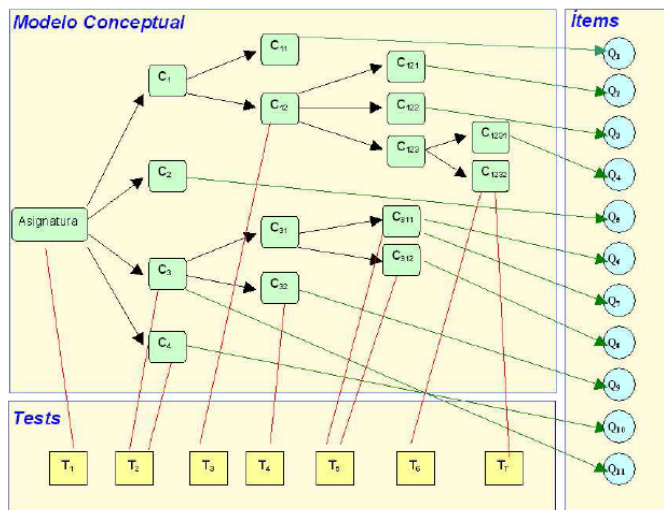


figura 10 – arquitectura del modelo de dominio (tomado de Guzmán, 2004)

*Modelo conceptual del dominio:* en la red, los nodos son las partes (conceptos) en la que se divide una materia y los arcos representan las relaciones entre estas. La granularidad hace

referencia a los niveles de la jerarquía entre los conceptos, el nodo al inicio de la jerarquía representa la materia o asignatura (estructura curricular).

En cuanto a las relaciones, se asume que los conceptos de un nivel de la jerarquía están relacionados con los niveles inmediatamente anterior y posterior mediante relaciones de agregación ("parte-de"). Es decir, se considerará que el conocimiento de un conjunto de nodos hijos, forma parte del conocimiento del nodo padre. Genéricamente, se dirá que entre los conceptos existe una relación de inclusión.

*Banco de ítems:* los ítems se utilizan como instrumentos para el diagnóstico del conocimiento del alumno en uno o más conceptos. Los ítems son, por tanto, entidades suministradoras de evidencias de cuánto sabe; ya que a través de ellos, el modelo interactúa con el alumno. En este modelo, cada concepto tendrá asociado un banco de ítems. Durante la construcción del módulo experto el profesor experto añadirá los ítems del banco para cada concepto. Se asume que el ítem  $Q_i$  está asociado al concepto  $C_i$  si se requiere conocer  $C_i$  para resolver  $Q_i$ . Cada ítem o mejor dicho cada opción dentro de un ítem tendrá asociado una curva característica de opción (CCO) obtenida en el proceso de calibración en base a la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI), para una descripción detallada del proceso de calibración y de todo el modelo ver Guzmán (2004).

*Los tests:* Los tests se definen en función de los conceptos que se desean evaluar. La evaluación se realiza en función los ítems relacionados con los conceptos que evalúa el test.

Cuando se crea un test en este modelo, se debe suministrar la siguiente información: (1) Conceptos evaluados directamente; (2) si desea que haya evaluación indirecta de algún tipo; (3) el criterio de selección de ítems que se utilizará; (4) cómo se inicializará el modelo del alumno; (5) cuándo debe finalizar el test; (6) cómo se evaluará al estudiante; y por último, (7) el número de niveles de conocimiento en los que se le podrá clasificar.

*Modelo del alumno:* El modelo del alumno es un modelo de recubrimiento sobre el modelo de dominio, el proceso de diagnóstico inicializa y mantiene actualizado el conocimiento del alumno en cada concepto, en cada nodo de la red de conceptos el conocimiento está representado en una distribución de conocimiento discreta  $P(\theta_i | \vec{u}_i)$  que representa el

conocimiento del alumno ( $\theta_i$ ) en ese concepto ( $C_i$ ). El rango de esta distribución son los niveles de conocimiento en los que se evalúa en el test, y el dominio la probabilidad de que el conocimiento del alumno en  $C_i$  sea el nivel correspondiente. Asimismo, la suma de las probabilidades de esa distribución debe ser igual a uno:

$$\sum_{k=0}^{k-1} P(\theta_i = k | \vec{u}_i) = 1 \quad (4.1)$$

Esta distribución de probabilidades es inferida a partir de las respuestas del alumno a los  $n$  ítems del test que evalúan ese concepto, y a los cuales habrá respondido con el patrón de respuestas  $\vec{u}_n = \{ \vec{u}_1, \vec{u}_2, \vec{u}_3, \dots, \vec{u}_n \}$ . Su número de niveles de conocimiento dependerá del grado de detalle con el que el profesor correspondiente quiera evaluar a sus examinandos.

Durante la administración de un test, el conocimiento del alumno se estima cada vez que éste responde a un determinado ítem. La actualización de la distribución del conocimiento del examinando se lleva a cabo utilizando una adaptación del método bayesiano propuesto por Owen (1969, 1975).

Nos interesa fundamentalmente la evaluación del tipo agregada que actualiza las distribuciones de conocimiento de la siguiente manera:

$$P(\theta_i | \vec{u}_1, \dots, \vec{u}_i) = \begin{cases} \left\| P(\theta_i | \vec{u}_1, \dots, \vec{u}_{i-1}) P_{ii_i}(\vec{u}_i | \theta_i) \right\| & \text{si } Q_i \text{ evalúa el concepto } C_i \\ P(\theta_i | \vec{u}_1, \dots, \vec{u}_{i-1}) & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4.2)$$

Donde  $P(\theta_i | \vec{u}_1, \dots, \vec{u}_{i-1})$  es la estimación de conocimiento a priori del alumno en  $C_i$ ;

y  $P_{ii_i}(\vec{u}_i | \theta_i)$  la CCO para opción del patrón de respuesta.

Una vez actualizadas las distribuciones del conocimiento del alumno, se puede estimar su nivel empleando las dos formas utilizadas en los TAI; esto es:

- Esperanza a posterior (EAP), donde el valor correspondiente al nivel de conocimiento es la media (o valor esperado) de la distribución de probabilidades. Formalmente:

$$EAP(P(\theta_i | \vec{u}_n)) = \sum_{k=0}^{K-1} kP(\theta_i = k | \vec{u}_n) \quad (4.3)$$

- Máximo a posterior (MAP), donde el valor correspondiente al nivel de conocimiento es aquél con mayor probabilidad asignada, esto es, la moda de la distribución. Formalmente:

$$MAP(P(\theta_i | \vec{u}_n)) = \underset{0 \leq k \leq K}{\text{máx}} P(\theta_i = k | \vec{u}_n) \quad (4.4)$$

*La estimación del nivel inicial del alumno:* en este modelo se asume una distribución constante, en la que todos los niveles son equiprobables.

#### 4.3.3.2 Integración del TAI cognitivo al modelo STI-C

En virtud que estructuras propuestas para el MDCo, el MDCu y el MAC propician la necesidad de evaluar considerando los principios de DCBC, en este apartado exponemos un aporte importante de nuestro trabajo, presentamos dos adaptaciones de TAI cognitivo ajustado a las particularidades de la arquitectura STI-C.

##### Evaluación de las *evd* y *evd*

Cada nodo de la red MAC relativos a las *evd* y *evd* almacena una distribución de probabilidades discreta  $P(\theta_i | \vec{u}_i)$  correspondiente al nivel de conocimiento técnico-científico ( $\theta_i$ ) del alumno sobre el descriptor, la cual se infiere de las respuestas a los ítems ( $Q_i$ ) que el alumno resuelve y componen un test  $T_s$ . Al momento de definir el test en el MDCu, será responsabilidad del profesor experto asociar los ítems a los *evc* y *evd* de forma balanceada.

Cada nodo  $ec_j$  almacena una distribución de probabilidades correspondiente al conocimiento técnico-científico  $P(\theta_{ij} | \vec{u}_i)$  del alumno sobre el mismo y estará en función de los  $evc_i$  y  $evd_i$  que agrega, este valor se obtendrá promediando los valores de las distribuciones de sus agregados ( $evc_i$  y  $evd_i$ ).



Por cada ítem respondido el algoritmo actualizará las  $P(\theta_i | \vec{u}_i)$  de  $evc_i$  y  $evd_i$  y verificará si se cumple el criterio de finalización, en caso afirmativo se calculará y actualizará la distribución  $P(\theta_{ij} | \vec{u}_i)$  del  $ec_{j,i}$ , de no cumplirse el criterio de finalización se seleccionará el siguiente ítems (de acuerdo al criterio de selección de ítems establecido en las especificaciones de test) para mostrar en el test, repitiéndose el proceso hasta alcanzar el criterio de finalización.

### **Evaluación de la situación problema $P$**

En virtud de la información precisa contenida en las  $evp$  del MDCo el docente experto podrá definir las situaciones basadas en problemas  $P$  en el MDCu, de manera ajustada a la realidad de la disciplina o dominio de conocimiento, planteando escenarios y situaciones orientados por la problemática del módulo (recordemos que el módulo en el DCBC se organiza en torno a núcleos problemáticos de la práctica profesional y esto es bien conocido por el docente experto).

Considerando lo expuesto anteriormente y teniendo en cuenta la evaluación de situaciones problemas (desde los principios orientadores del DCBC) implica la posibilidad de valorar procesos y resultados, a la resolución solo es posible arribar mediante la comprensión global del problema y la puesta en acción de las capacidades en juego. *La resolución se sintetiza en ciertos valores de respuestas, estos valores están asociados a las consignas del problema.*

Nuestra propuesta supone asociar la consignas del problema a un banco de ítems que a criterio del profesor experto serán de distinta naturaleza, de respuesta corta, de opción múltiple, de ordenación, de completar, de asociación, etc. (el modelo TAI cognitivo permite utilizar muy variados tipos de ítems). La diferencia estará dada en que las CCO de los ítems no serán calibradas, sino que serán determinadas por el profesor experto.

Los ítems del banco serán categorizados en los cuatro niveles de competencias en el que se evalúa el módulo, es decir los ítems tendrán distinto nivel de dificultad y serán utilizados para adaptar el test al nivel del alumno.

De esta manera el problema  $P$  podrá ser evaluado de manera similar a un test y adaptado al nivel de capacidades estimado del alumno.

Los nodos de módulos didácticos  $M_i$  almacenan una distribución de probabilidades correspondiente al nivel de competencias del alumno sobre las capacidades abordadas en el módulo y es proporcionada por la resolución del test del problema  $P$ , esta se infiere de las resoluciones de los problemas asociados.

El alumno acreditará un módulo cuando haya alcanzado para todos los  $ec$  el umbral en algunos de los niveles de competencias y resuelto la situación  $P$  asociada a  $M_i$ .

## 5. Conclusiones y trabajos futuros

### 5.1 Conclusiones

Hemos presentado una arquitectura STI genérica cuyo modelado fue orientado desde los principios del diseño curricular basado en competencias (DCBC), como vimos, una arquitectura de este tipo proveerá al docente experto de una plataforma que posibilite la implementación de una propuesta formativa más transparente desde el DCBC al STI-C.

Este proceso de modelado nos permitió arribar a las siguientes conclusiones sobre posibles contribuciones del trabajo:

- Facilitar y mejorar los resultados de las implementaciones ya que la comprensión sobre el funcionamiento del STI-C por parte del docente experto será mayor por estar estrechamente asociado con el DCBC (del cual el docente también es experto).
- Apoyar el modelo de enseñanza EBC que actualmente emerge con fuerza como nuevo (renovado) paradigma educativo y con tendencia a crecer.
- Mejorar la calidad y pertinencia de las propuestas formativas implementadas, ya que al posibilitar cristalizar el DCBC, desde la génesis ya está cubriendo las demandas de capacidades del contexto y en el sujeto el desarrollo de las capacidades demandadas.

Respecto al diagnóstico, coherente con los cambios en los componentes del STI-C, hemos aproximado un modelo de TAI cognitivo para evaluar descriptores *evidencia de conocimiento (evc)* y *evidencia de desempeño (evd)*, así como un tipo la evaluación de situaciones problemas basado en TAI cognitivo, que permite evaluar y acreditar competencias en forma modular.

## 5.2 Trabajos futuros

Nuestra intención de cara a mejorar la propuesta actual de STI-C consistirá en abordar en el futuro las siguientes actividades y estudios:

- Implementación y posterior validación del modelo, puesta en práctica sobre un caso concreto “STI-C (Sistema Tutor Inteligente de Contabilidad) orientado al desarrollo de competencias en el área de Contabilidad”.
- Diagnóstico: Profundización de la aplicación y ajuste de TAI cognitivo para evaluación de competencias. Profundización de la aplicación y ajuste de TAI cognitivo para evaluar competencias mediante situaciones ABP.
- Implementar las propuestas de diagnósticos anteriores utilizando técnicas de lógica borrosa (Niera, A. et al., 2000).
- Proponer la adaptación de contenidos e itinerarios en base sistemas de orientación adaptativos (Castellano, E., Martínez, L., 2007)

## 6. Anexo 1

### FICHAS DE EJEMPLO Nº 1: DISEÑO CURRICULAR PARA LA FORMACIÓN DE EL/LA MAQUINISTA DE IMPRESIÓN OFFSET A PLIEGOS

(Tomado de Catalano, A., et al., 2004)

#### MARCO REFERENCIAL

La necesidad de formación permanente en el trabajo y para el trabajo, se ha incrementado en las últimas décadas como consecuencia, fundamentalmente, de los cambios en las condiciones de competitividad de las economías, de la innovación tecnológica y organizacional de los procesos productivos, y de la introducción de programas de mejoramiento de la calidad de los procesos y los productos de las empresas. Estas innovaciones han sido profundas en la industria gráfica, generando en ella redefiniciones de procesos y de funciones operativas que demandan alcanzar un desempeño competente de los trabajadores.

Este sector ha recibido la influencia del cambio tecnológico y de la introducción de sistemas de calidad, los cuales han producido redefiniciones de las funciones en las que actúan los/as trabajadores/as en las diversas fases del proceso: la pre-impresión, la impresión y la post-impresión. El Programa de Certificación de Competencias Laborales ha emprendido el análisis del proceso de **impresión de productos gráficos mediante la tecnología offset a pliegos** en sus distintas fases, discriminando las funciones operativas en las que cada maquinista impresor/a debe demostrar desempeños competentes. Esta detección es fundamental porque amplía el campo de las funciones técnicas que tradicionalmente fueron atendidas por los/las profesionales, mediante la incorporación de funciones relativas a la gestión de la información, de la comunicación, de la tecnología, de la calidad, de los costos y de la productividad en condiciones de trabajo seguras.

La detección de la actuación en diversas funciones implica que en el futuro, cuando se determinen las competencias que le son requeridas a cada operador/a, deberá definirse el grado de alcance de su actuación en cada función. Es decir, habrá que determinar si en la función un/a trabajador/a valora y ejecuta instrucciones, o bien participa en procesos de mejora de desempeños, o diseña y desarrolla alternativas de actuación.

De estas funciones y elementos de competencia se desprende que el propósito clave del rol ocupacional de el/la maquinista de impresión offset a pliegos es **imprimir pliegos de diversos sustratos mediante el procedimiento de offset a pliegos, de acuerdo con los estándares de producción establecidos en la orden de trabajo que fuera confeccionada según los requerimientos del cliente, operando de acuerdo a criterios de seguridad ambiental y de prevención de accidentes para sí, para terceros y para los equipos a su cargo.**

Las actuaciones de el/la maquinista de impresión offset a pliegos han sido especificadas en estándares de desempeño que pueden ser consultados en el capítulo referido a las normas. Las mismas constituyen un referencial para definir criterios de selección de personal, de capacitación laboral complementaria, de diseño de cursos de formación profesional, y de diseño de instrumentos de evaluación para la certificación de cada una de las competencias que se desea analizar.

En el siguiente apartado se definirán las competencias que deben demostrar los/as operarios/as para actuar en esas funciones.

- Gestión de la información y la verificación de las condiciones operativas de la máquina a su cargo.
- Organización de las tareas de impresión y administración de las materias primas y de los insumos.
- Arranque y puesta a punto de la máquina.
- Operación sobre la máquina en régimen de producción, en condiciones de seguridad para las personas y los equipos.
- Mantenimiento operativo y preventivo de la máquina y del entorno de trabajo. Estas competencias han sido desagregadas a partir de la aplicación de la metodología del análisis funcional, conformando los siguientes elementos de competencia:

MAPA FUNCIONAL Maquinista de impresión offset a pliegos	
<p><b>Propósito clave:</b> Imprimir pliegos de diversos sustratos, por el procedimiento de offset plano, de acuerdo a los estándares de producción establecidos en la orden de trabajo que fuera confeccionada según los requerimientos del cliente, operando de acuerdo a criterios de seguridad ambiental y de prevención de accidentes para sí y terceros y para los equipos a su cargo.</p>	
a. Gestionar la información y verificar las condiciones operativas de la máquina a su cargo.	<p>a.1. Analizar el programa de producción y la orden de trabajo y comunicar al personal a su cargo las características del mismo.</p> <p>a.2. Verificar las condiciones operativas de la máquina previas al trabajo, e informar a mantenimiento las anomalías observadas y/o adaptaciones a realizar en el equipo.</p> <p>a.3. Registrar, en el parte de producción y de calidad, los datos referidos a la productividad e incidentes del proceso e informarlos al área correspondiente.</p>
b. Organizar las tareas de impresión y administrar materias primas e insumos.	<p>b.1. Organizar el trabajo a cargo de sus ayudantes, monitorearlos e instruirlos acerca de las contingencias y de la prevención de riesgos.</p> <p>b.2. Controlar que los materiales e insumos a utilizar sean entregados de acuerdo con lo establecido en la orden de trabajo.</p>
c. Arrancar y poner a punto la máquina.	<p>c.1. Armar tinteros y definir el perfil de tintaje.</p> <p>c.2. Verificar el montaje o montar planchas de impresión y verificar el estado de las mantillas.</p> <p>c.3. Ajustar los componentes móviles de los mecanismos de alimentación y salida de pliegos, y del sistema de rodillos.</p> <p>c.4. Arrancar la máquina, entintar y registrar los colores.</p> <p>c.5. Verificar las condiciones del pliego impreso a la salida de máquina y obtener el conforme.</p>
d. Operar la máquina en régimen de producción y en condiciones de seguridad de personas y equipos.	d.1. Controlar las condiciones de operación de la máquina en régimen de producción.
e. Mantener operativa y preventivamente la máquina y el entorno de trabajo.	<p>e.1. Parar la máquina, administrar el producto terminado, ordenar el control de desechos e informar resultados en el parte de producción.</p> <p>e.2. Administrar el orden y la limpieza del sector, máquina, componentes y herramental.</p> <p>e.3. Cumplir con el programa de mantenimiento preventivo de la máquina impresora.</p>

## FICHA DE EJEMPLO Nº 2: DISEÑO CURRICULAR PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL DE EL/LA OPERADOR/A DE MOLDEO Y NOYERÍA

(Tomado de Catalano, A., et al., 2004)

### OBJETIVOS DEL DISEÑO CURRICULAR

El diseño curricular que se propone, tiene como finalidad el desarrollo de las capacidades que permiten desempeñarse competentemente en el ámbito laboral. Estas capacidades no se agotan en los requerimientos que puntualmente se les hacen a los/las operadores/as de procesos de moldeo y noyería. Tienen en cuenta, además, los intereses que estos, como ciudadanos/as, poseen respecto a realizar progresos en sus trayectorias laborales, de desempeñarse en condiciones dignas de seguridad e higiene, de contribuir a la preservación del medio ambiente, de encarar procesos de innovación, aprendizaje y mejora continua en su trabajo cotidiano.

El/la operador/a de procesos de moldeo y noyería debe desarrollar las siguientes capacidades para poder gestionar el proceso en el que actúa:

- Interpretar la lectura de los instrumentos de medición; determinar el ajuste de acuerdo con las órdenes de trabajo y con las variables técnicas de control del proceso, y regular los equipos involucrados.
- Reconocer contingencias durante los procesos de preparación de la tierra y fabricación de moldes y noyos; seleccionar estrategias de prevención y resolución de las situaciones problemáticas que plantean, y discernir acerca de las situaciones que deben ser derivadas para la intervención del superior jerárquico.
- Comunicar las anomalías y/o acontecimientos relevantes, utilizando lenguaje oral, escrito o gráfico en forma clara y precisa.
- Seleccionar y adaptar las técnicas conocidas con el propósito de resolver las situaciones propias de las distintas etapas de los procesos de elaboración de tierra de moldeo, moldes, y noyos.
- Seleccionar y utilizar, o manipular con destreza, los elementos, herramientas y materias primas necesarios para desarrollar las actividades del proceso de elaboración de tierra de moldeo, moldes y noyos.
- Interpretar los planos, los croquis, las instrucciones, los informes y la simbología, relevando los datos necesarios para los procesos de elaboración de la tierra y fabricación de moldes y noyos.
- Planificar la secuencia de actividades a realizar para la fabricación de moldes y noyos.
- Analizar críticamente el proceso productivo en su espacio de trabajo e inferir las posibles mejoras a introducir para obtener un producto con la calidad requerida. Interactuar en el ámbito de trabajo con una actitud abierta a la participación, al trabajo grupal, al aprendizaje permanente y a la mejora continua de los procesos en los que está involucrado/a.
- Ordenar, limpiar y mantener los equipos, los instrumentos y el ambiente físico de trabajo para lograr condiciones operativas seguras y eficientes.
- Identificar criterios de seguridad industrial, generales y específicos, para los procesos de elaboración de la tierra de moldeo y la fabricación de moldes y noyos.
- Analizar y reconocer los factores de riesgo en la elaboración de la tierras, los moldes y los noyos.

- Valorar y desarrollar procedimientos de prevención de factores de riesgo especialmente adaptados a las condiciones de trabajo de las fases de elaboración de tierras de moldeo y fabricación de moldes y noyos. Estas capacidades generales se infirieron a partir de las capacidades específicas, derivadas de las unidades y elementos de competencia del perfil profesional de el/la operador/a de moldes y noyos.



## 7. Bibliografía

- Aimeur, E., Blanchard, E., Brassard, G. y Gambs, S. (2001). Quanti: A multidisciplinary knowledge-based system for quantum information processing. En *Proceedings of international conference on computer aided learning in engineering education. calie'01* (pp. 51-57).
- Anderson, J. R. (1988). The Expert Module. En M. C. Polson & J. J. Richardson (eds.), *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Avolio de Cols, Susana., Iacolutti, María. (2004). *Enseñar y evaluar en formación por competencias laborales: Orientaciones conceptuales y metodológicas*. Primera Edición, Buenos Aires, Banco Interamericano de Desarrollo, 2006.
- Badaracco, M. (2006). *Entornos virtuales de Enseñanza y Aprendizaje: Estrategias aplicables*. Tesis de Master en EAAD, no publicada. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.
- Barbero, M. I. (1999). Gestión informatizada de bancos de ítems. En J. Olea, V. Ponsoda y G. Prieto (Eds.), *Tests informatizados: Fundamentos y aplicaciones* (pp. 63-83). Pirámide.
- Burns, H. L. y Capps, C. G. (1988). Foundations of intelligent tutoring systems: An introduction. En M. C. Polson y J. J. Richardson (Eds.), *Foundations of intelligent tutoring systems*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Carro, R. M., Pulido, E. y Rodríguez, P. (2001). Tangow: A model for internet based learning. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning, IJCELL, 11* (Special Issue on "Internet based learning and the future of education").
- Castellano, E., Martínez, L., (2007). *Evaluación del uso de algoritmos colaborativos para orientar académicamente al alumnado en bachillerato*. Memoria Investigadora del Segundo Año de Doctorado. Departamento de Informática, Universidad de Jaén.
- Catalano, Ana, Avolio de Cols, Susana., Sladogna, Mónica. (2004). *Diseño Curricular basado en normas de competencia laboral. Conceptos y orientaciones metodológicas*. CINTERFOR OIT Buenos Aires.
- Collins, J. A., Greer, J. E. y Huang, S. X. (1996). Adaptive assessment using granularity hierarchies and bayesian nets. En C. Frasson, G. Gauthier y A. Lesgold (Eds.), *Proceedings of the 3rd international conference on intelligent tutoring systems. its 1996. lecture notes in computer science* (pp. 569-577). New York: Springer Verlag.
- Conati, C., & VanLehn, K. (1996). POLA: A student modeling framework for probabilistic on-line assessment of problem solving performance. *Proceedings of the 5th International Conference on User Modeling UM'96* (pp. 75-82). User Modeling Inc.

Conati, C., Gertner, A. & VanLehn, K. (2002). Using bayesian networks to manage uncertainty in student modeling. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12 (4), 371-417.

Conati, C., Larkin, J., & VanLehn, K. (1997). A computer framework to support selfexplanation. En *Knowledge and Media in Learning Systems. Proceedings of the 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education AIED'97* (pp. 279-286). IOS Press.

CONOCER, *Análisis ocupacional y funcional del trabajo*, Documento de trabajo para IBERFOP, México, febrero de 1998.

Gouli, E., Kornilakis, H., Papanikolaou, K. A. y Grigoriadou, M. (2001). Adaptive assessment improving interaction in an educational hypermedia system. En *Human computers interaction. panhellenic conference with international participation* (pp. 217-222).

Gouli, E., Papanikolaou, K. A. y Grigoriadou, M. (2002). Personalizing assessment in adaptive educational hypermedia systems. En *Lecture notes in computer science. proceedings of the 2nd international conference on adaptive hypermedia and adaptive web-based systems. ah2002* (Vol. 2347). New York: Springer Verlag.

Gutiérrez, J., Pérez, T. A., López Cuadrado, J., Arrubarrena, R. M. y Vadillo, J. A. (2002). Evaluación en sistemas hipermedia adaptativos. *Revista de Metodología de las Ciencias del Comportamiento, Volumen especial*, 279-283.

Guzmán de los Riscos, E. (2005). *Un modelo de evaluación cognitiva basado en TAI para el diagnóstico en STI*. Tesis Doctoral no publicada, Universidad de Málaga.

Holt, P., Dubs, S., Jones, M. y Greer, J. (1994). The state of student modelling. En J. E. Greer y G. McCalla (Eds.), *Student modelling: The key to individualized knowledge-based instruction* (Vol. 125, pp. 3-35). New York: Springer Verlag.

Informe Final del Proyecto Tuning América Latina: *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina* (2007). Bilbao: Universidad de Deusto.

INTECAP, *Guía para elaborar el análisis funcional*, Guatemala, 2001

Kavcic, A., Privosnik, M., Marolt, M. y Divjak, S. (2002). Educational hypermedia system alice: an evaluation of adaptive features. En *Advances in multimedia, video and signal processing systems. wseas'02*.

López, N., Núñez, M., Rodríguez, I., and Rubio, F. 2002. WHAT: Web-Based Haskell Adaptive Tutor. In *Proceedings of the 10th international Conference on Artificial intelligence: Methodology, Systems, and Applications* (September 04 - 06, 2002). D. R. Scott, Ed. Lecture Notes In Computer Science, vol. 2443. Springer-Verlag, London, 71-80.

Mayo, M. y Mitrovic, A. (2001). Optimising its behaviour with bayesian networks and decision theory. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 124-153.

Melis, E., Andres, E., BÄundenbender, J., Frischauf, A., Gogvadze, G., Libbrecht, P., Pollet, M. y Ullrich, C. (2001). Activemath: A generic and adaptive web-based learning environment. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 385-407.

Mislevy, R. J. y Almond, R. (1997). *Graphical models and computerized adaptive testing* (Informe Técnico No. 434). Center of the Study of Evaluation (CSE).

Millán E. (2000). *Sistema Bayesiano para Modelado del alumno*. Tesis doctoral. Universidad de Málaga. España.

Mitrovic, A., and Ohlsson, S. (1999). Evaluation of a Constraint-Based Tutor for a Database Language. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10.

Neira, A.; Alguero, A.; Brugos, J.A.L.; García, V. (2000). Approach to Intelligent Adaptive Testing An optimized fuzzy logic model. Netherlands: M. Ortega and J. Bravo (eds.), *Computers and Education in the 21st Century*, 241–249. Kluwer Academic Publishers.

Olea, J., Ponsoda, V. y Prieto, G. (1999). *Tests informatizados: Fundamentos y aplicaciones*. Pirámide.

Owen, R. J. (1969). *A bayesian approach to tailored testing* (Research Report No. 69-92). Educational Testing Service.

Owen, R. J. (1975). A bayesian sequential procedure for quantal response in the context of adaptive mental testing. *Journal of the American Statistical Association*, 70 (350), 351-371.

Perrenoud, Ph. (1999). *Construir las Competencias desde la Escuela*. Dolmen Ediciones.

Perrenoud, Ph. (2004). *Diez Nuevas Competencias para Enseñar*. Barcelona : Graó, 2004.

Polson, M. C., & Richardson, J. J. (1988). *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Programa de Calidad del Empleo y la Formación Profesional (2007). *Norma de competencia del evaluador*. Dirección Nacional de Orientación y Formación Profesional, Secretaría de Empleo. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (Argentina).

Programa de Cooperación Iberoamericana para el Diseño de la Formación Profesional (IBERFOP), 2008 - Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura (OEI), Madrid (1998).

Proyecto de articulación de los ciclos de nivelación/introducción y del ciclo general común/primeros años, de las carreras pertenecientes a las Ciencias Económicas (2007). *Actas e Informe final etapa IV. PROGRAMA DE APOYO A LA ARTICULACIÓN DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR IV*. Argentina, SPU Ministerio de Educación de la Nación.

Proyecto 6x4 – UEALC Seis Profesiones en cuatro ejes de análisis. *Resumen ejecutivo*. [http://www.6x4uealc.org/docs/resumen\\_ejecutivo.pdf](http://www.6x4uealc.org/docs/resumen_ejecutivo.pdf), acceso 10/02/2008.

Santángelo, H. (2000). *Modelos Pedagógicos en los Sistemas de Enseñanza no Presencial basados en Nuevas Tecnologías y Redes de Comunicación*. Revista Iberoamericana de educación, No 24, TIC, en la educación. <http://www.campus-oei.org/revista/rie24f.htm>

Sleeman, D. y Brown, J. S. (1982). *Intelligent tutoring systems*. Academic Press, Inc.

Thissen, D. y Mislevy, R. (1990). Testing algorithms. En H. Wainer (Ed.), *Computerized adaptive testing: A primer* (pp. 103-136). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

VanLehn, K. y Martin, J. (1998). Evaluation of an assessment system based on bayesian student modeling. *International Journal of Artificial Intelligence and Education*, 8 (2).

Vassileva, J. (1997). Dynamic course generation on the www. En B. du Bolay y R. Mizoguchi (Eds.), *Knowledge and media in learning systems. proceedings of the 8th world conference on artificial intelligence in education aied'97* (pp. 498-505).

Wainer, H. (1990). *Computerized adaptive testing: A primer*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc.

Weber, G. y Brusilovsky, P. (2001). Elm-art: An adaptive versatile system for web-based instruction. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 351-383.

Xu L., Sarrafzadeh, A., Haskell-Tutor: An Intelligent Tutoring System for Haskell Programming . *Research Letters in the Information and Mathematical Sciences*, vol. 6, 2004, pp. 140-146.

Zalba, E y Gutierrez,N (2006). *Una aproximación a la educación basada en competencias*-Universidad Nacional de Cuyo.  
[http://www.me.gov.ar/spu/guia\\_tematica/CPRES/cpres-comision.html](http://www.me.gov.ar/spu/guia_tematica/CPRES/cpres-comision.html), acceso 20/02/2008

