

La Naturaleza y Origen de Objetos Instruccionales¹

Andrew S. Gibbons

Jon Nelson

Universidad Estatal de Utah

Roberto Richards

Laboratorio Nacional Ambiental y de Ingeniería de Idaho

Esta versión en idioma español fue realizada en INNOVA U de G, en 2002.

La versión en su idioma original puede consultarse en:

<http://www.reusability.org/read/chapters/gibbons.doc>

Introducción

Este capítulo examina la naturaleza y origen de una estructura que llamamos *objeto instruccional*. En lugar de ser un solo objeto definible, se trata de una estructura tecnológica compleja y multifacética que apenas está surgiendo — una pieza de un rompecabezas tecnológico más grande. El esbozo general de la pieza de rompecabezas está tomando forma simultáneamente en las distintas disciplinas de las que se derivan las prácticas de la tecnología instruccional — ciencias computacionales, informática, sistemas de tutoría inteligente, y psicología instruccional. La terminología usada para describir esta nueva idea refleja sus orígenes múltiples, sus motivaciones diversas, y su novedad. En la literatura, lo que nosotros designaremos “el objeto instruccional” se llama de distintas maneras: “objeto instruccional,” “objeto educativo,” “objeto de aprendizaje,” “objeto de conocimiento,” “objeto inteligente,” y “objeto de datos.” El trabajo que más ha influido en el nuestro es el de Spohrer y sus asociados sobre las economías de objetos educativos (Spohrer, Sumner & Shum, 1998).

Se ha escrito mucho acerca de los objetos instruccionales pero poco acerca de la manera en que se originan los objetos. Este capítulo examina los objetos instruccionales en el contexto de un espacio complejo de diseño instruccional. Proponemos las dimensiones

¹ Este capítulo describe la investigación sobre el proceso de diseño instruccional llevado a cabo bajo los auspicios del Centro de Simulaciones Humano-Sistema del Laboratorio Nacional Ambiental y de Ingeniería de Idaho (Departamento de Energía).

de este espacio para luego usarlo como un antecedente para relacionar las múltiples definiciones del objeto instruccional. Después tratamos de ubicar la nueva estructura dentro de un contexto de actividades de diseño que difiere de las perspectivas tradicionales del proceso de diseño. Terminamos describiendo criterios y lineamientos metodológicos para la generación de objetos.

Conforme el objeto instruccional sigue asumiendo definición y proporciones, y conforme se converge el trabajo en muchas disciplinas, creemos que alguna forma de los objetos instruccionales llegarán a ser un factor importante en el crecimiento y proliferación de la instrucción basada en computadoras y la tecnología de apoyo a desempeño.

El análisis y los objetos instruccionales

El propósito a largo plazo de esta investigación es consolidar una teoría de diseño instruccional que use el “modelo” como estructura central de diseño. Una base de este tipo sustentará la investigación sistemática futura sobre variedades de productos, arquitecturas de productos, eficiencias de producción, y herramientas especializadas de productividad. Al hacer esto, esperamos vincular la práctica de los diseñadores con nuevas estructuras de diseño implicadas en las perspectivas actuales de instrucción que se están orientando hacia experiencias centradas en el alumno, situadas, basadas en problemas, y centradas en modelos — perspectivas que además se ven modeladas por las demandas de escala y de eficiencia de producción.

Creemos que esta discusión es oportuna. A la vez que se está promoviendo el uso instruccional del World Wide Web, hay cuestionamientos serios que preguntan si está debidamente provisto de conceptos de diseño, arquitecturas, y herramientas que lo equipen para dar servicio como canal de instrucción y no de simple información (Fairweather & Gibbons, 2000). Al mismo tiempo, los teóricos del diseño instruccional están cuestionando las premisas que fundamentan las metodologías existentes de diseño que se están viendo frágiles ante los retos presentados por las últimas modalidades instruccionales (Gordon & Zemke, 2000; Reigeluth, 1999; Edmonds, Branch y Mukherjee, 1994; Rowland, 1993). Se ha propuesto el objeto instruccional dentro de diferentes disciplinas especializadas por sus ventajas de productividad, sus beneficios

normativos, y como medio para hacer accesible el diseño a un creciente ejército de autores no capacitados. Mientras el proceso de diseño va desarrollando una base teórica, consideramos importante preguntar cómo esa base teórica puede relacionarse con los objetos instruccionales.

Normas y tecnología CBI

La industria que se enfoca en el diseño, desarrollo y entrega de instrucción computarizada actualmente está atravesando un período de definición de normas que se enfocan en la distribución de experiencias instruccionales por el Internet y el World Wide Web. El objeto instruccional — catalogados por metadatos — tiene un gran potencial de ser un bloque básico para la construcción de una amplia gama de productos basados en la tecnología. Enormes esfuerzos que involucran a cientos de practicantes, proveedores, y consumidores están haciendo aportaciones a las normas para objetos que permitirán que este bloque se convierta en la unidad básica de comercio en el apoyo para la instrucción y el desempeño (Hill, 1998).

Es difícil resistir la tentación de comparar estos eventos con las pautas que marcaron la historia de la fabricación de acero. Cuando Frederick Taylor demostró a principios del siglo XX que se podrían confiar las recetas comprobadas del acero a los operadores relativamente poco calificados de los hornos (Misa, 1995), un ejército de nuevos operadores de hornos, menos calificados pero totalmente competentes, empezaron a adueñarse de las fábricas acereras. Se podían producir mayores cantidades de acero (a escala industrial) con un control de calidad más preciso. Tres pautas claves en la expansión de la fabricación de acero involucraron épocas de definición de normas realizada por tres coaliciones normativas diferentes. A lo largo de varias décadas, estas coaliciones arbitraron las medidas de calidad de productos para rieles de acero, acero estructural, y acero automotriz respectivamente. Con cada norma nueva, la industria progresó y se expandió. Esto a su vez desembocaba en una expansión y diversificación más acelerada del uso del acero en otros productos.

Las normas acereras abrieron el camino para: (1) el logro de un *control* más preciso y predecible de los procesos de fabricación de acero, (2) un producto basado en normas que podría *ajustarse* a las necesidades del usuario, y (3) la capacidad de producir a la

escala de proporciones industriales usando los nuevos procesos (Misa, 1995). Sin estas pautas, la calidad del acero seguiría siendo altamente variable, los productos de acero tendrían una aplicación mucho más limitada, y la fabricación de acero todavía sería esencialmente una artesanía idiosincrática practicada por operadores de hornos altamente calificados y capacitados dentro de un sistema de aprendizaje.

La Naturaleza de los objetos instruccionales

Definimos los objetos instruccionales más adelante en este capítulo relacionándolos con una arquitectura para productos instruccionales centrados en modelos. El término *objetos instruccionales*, como se usa en este capítulo, se refiere a cualquier elemento de esa arquitectura que pueda tomarse independientemente en un ensamblado momentáneo para crear un evento instruccional. Los objetos instruccionales pueden incluir ambientes de problema, modelos interactivos, problemas o conjuntos de problemas instruccionales, módulos funcionales de instrucción, rutinas modulares para el aumento instruccional (entrenamiento individual, retroalimentación, etc.), elementos de mensajes instruccionales, rutinas modulares para representar información, o módulos de lógica relacionados con propósitos instruccionales (administración, grabación, selección, etc.)

La literatura de varias disciplinas que contribuyen a la tecnología instruccional, describe objetos que realizan algún subconjunto de las funciones requeridas en los diferentes tipos de objetos instruccionales:

- ξ Objetos que tienen que ver con la estructuración de una base de datos
- ξ Objetos para almacenar conocimientos expertos de algún sistema
- ξ Objetos para control de formatos de documentos
- ξ Objetos usados para el control del proceso de desarrollo
- ξ Tutores expertos modulares y portátiles
- ξ Objetos que representan módulos de lógica computacional para uso de personas que no son programadores
- ξ Objetos para el descubrimiento de conocimientos mediante las máquinas
- ξ Objetos para el diseño instruccional
- ξ Objetos con contenido (información o mensaje)

- ξ Objetos para la captura de conocimientos
- ξ Objetos que apoyan la toma de decisiones
- ξ Objetos para la administración de datos

Hacen falta todos estos tipos de objetos y más para implementar la instrucción mediante el ensamblado de objetos en tiempo real. Gerard (1969), en un comentario asombrosamente visionario hecho en los primeros años de la historia de la instrucción basada en computadoras, describe cómo “las unidades curriculares pueden hacerse más pequeñas, y combinarse como piezas estandarizadas de Meccano [un juego de construcción mecánica], para formar una gran variedad de programas particulares hechos a la medida de cada alumno” (pp. 29-30). A los treinta años, se están poniendo de manifiesto el valor y la factibilidad de esta idea.

Cuestiones básicas

A fin de preparar el escenario para la discusión de los orígenes de los objetos instruccionales, es esencial tratar brevemente dos cuestiones relacionadas en general con el diseño y desarrollo de instrucción basada en la tecnología:

- ξ Las metas de la instrucción computarizada: adaptabilidad, generatividad, y escalabilidad
- ξ La estructura del espacio de diseño tecnológico

Las metas de la instrucción computarizada: adaptabilidad, generatividad, y escalabilidad

Desde los primeros días de la instrucción basada en computadoras como tecnología, la meta clara ha sido la creación de instrucción que sea: (1) *adaptable* al individuo, (2) *generativa* en vez de pre-compuesta, y (3) *escalable* a niveles de producción industrial sin los aumentos proporcionales de costos.

En ninguna parte de exponen estos ideales más claramente que en *Computer-Assisted Instruction: A Book of Readings* (1969a), un volumen que abrió nuevos horizontes y que en muchos sentidos sigue siendo actual, editado por Atkinson y Wilson.

Virtualmente todos los capítulos escogidos para el libro construyen sobre una base de tres temas: adaptabilidad, generatividad, y escalabilidad.

Adaptabilidad: Atkinson y Wilson atribuyen el rápido crecimiento (antes de 1969) de la instrucción con ayuda de computadoras en parte “al potencial rico e interesante de la instrucción con ayuda de computadoras para responder a la necesidad educativa más apremiante de hoy — la individualización de la instrucción” (Atkinson & Wilson, 1969b, p. 3). Distinguen entre la instrucción con ayuda de computadoras que es adaptable y la que no lo es, atribuyendo la diferencia a “una estrategia sensible a la respuesta”. Suppes (1969) prevé “una especie de instrucción individualizada que en un tiempo era posible sólo para unos cuantos miembros de la aristocracia”, que podrá “ponerse a la disposición de todos los alumnos en todos los niveles de capacidad” (p. 41). Este argumento duradero se está empleando actualmente para promover la normatividad de los objetos instruccionales (Graves, 1994).

Suppes (1969) describe cómo las computadoras “librarán a los alumnos del tedio de hacer tareas idénticas que no estén ajustadas a la medida de sus necesidades individuales”. (p. 47). Stolurow (1969), describiendo los modelos de la enseñanza, explica:

...tendrá que ser cibernética, o sensible a la respuesta, si quiere ser adaptable. Un modelo para la instrucción adaptable, o personalizada, especifica un conjunto de reglas que dependen de las respuestas, que un maestro, o un sistema magisterial, usará para tomar decisiones acerca de la naturaleza de los eventos subsecuentes que se utilizarán para enseñar a un alumno. (p. 69-70)

Introduce el modelo instruccional “ideográfico” que diseña según “posibilidades” en vez de planear caminos específicos: “nos hacen falta maneras de describir las alternativas y necesitamos identificar variables útiles” (p. 78). Stolurow hace la importante distinción “entre la ramificación y la organización [de la instrucción] según contingencias o respuestas” (p. 79). Éstas y muchas otras cosas que se podrían citar del

volumen de Atkinson y Wilson dejan claro que la adaptabilidad era una meta que se defendía celosamente en la primera etapa de la instrucción basada en computadoras. De paso cabe decir que éstas y otras afirmaciones que aparecen en el libro demuestran que estos pioneros *no* veían la instrucción con apoyo de computadoras como una simple instrucción programada en computadoras.

Generatividad: La generatividad se refiere a la capacidad de la instrucción computarizada de crear mensajes e interacciones instruccionales combinando elementos primitivos de mensaje con la interacción en vez de almacenar mensajes y lógicas de interacción pre-compuestos. Los autores del volumen de Atkinson y Wilson describen principalmente formas instruccionales pre-compuestas porque en los primeros días de la instrucción con apoyo de computadoras, no existían herramientas para sustentar la generatividad, pero muchos de estos autores hacen hincapié en las herramientas futuras que permitirán la generatividad.

Suppes (1969), quien después produjo sus propias herramientas para generar problemas de matemáticas, describe tres niveles de interacción entre los alumnos y los programas instruccionales, todos sujetos a algún grado de generatividad: (1) repetición y práctica individualizadas, (2) sistemas tutoriales que “se asemejan a la interacción que un tutor paciente tendría con un alumno individual,” y (3) sistemas de diálogos “que permiten al alumno tener un verdadero diálogo con la computadora” (p. 42-44).

Silberman (1969) describe el uso de la computadora para generar ejercicios de práctica (p. 53). Stolurow, describiendo las reglas instruccionales de un sistema adaptable, dijo:

Estas reglas [para controlar la presentación de la información, plantear un problema, aceptar una respuesta, juzgar una respuesta, y dar retroalimentación] también se pueden llamar reglas de organización; son las reglas de una gramática instruccional. A la larga deberemos desarrollar gramáticas generativas para la instrucción. (p 76)

Escalabilidad: Los autores del volumen de Atkinson y Wilson eran sensibles a los costos (entonces) altamente visibles de la instrucción con apoyo de computadoras. Sus soluciones a la escalabilidad eran proyecciones de costos más bajos para computadoras,

expectativas de sistemas más grandes con múltiples terminales, y cálculos de costos de productos compartidos por grandes números de usuarios. La tecnología de conexión y distribución de aquel entonces era la monolítica computadora central de tiempo compartido y las líneas telefónicas que en esos tiempos eran costosas y de mala calidad.

Las metas de *adaptabilidad*, *generatividad*, y *escalabilidad* que prevalecían en 1969 siguen siendo metas claves. Estas metas fueron adoptadas por los investigadores de los sistemas de tutoría inteligente, y se manifiestan claramente en los escritos de ese grupo de investigadores, especialmente en los resúmenes ocasionales de la disciplina y la evolución de su teoría y método (Wenger, 1987; Psotka, Massey, & Mutter, 1988; Poulson & Richardson, 1988; Burns, Parlett, & Redfield, 1991; Noor, 1999).

Burns & Parlett (1991) nos dicen: “No se engañen. Los sistemas de tutoría inteligente están tratando de lograr la instrucción individualizada, y esto es lo que impone la complejidad, y la flexibilidad necesaria de cualquier diseño de tutoría inteligente que pretenda ser honesto”.

Hoy en día los sistemas tutoriales y los sistemas de diálogos descritos por Suppes todavía representan las metas de punta de lanza para los sistemas de tutoría inteligente. La generatividad sigue siendo claramente parte del plan básico del juego. Esto es evidente en las metas de la Iniciativa para un Sistema de Aprendizaje Avanzado Distribuido del Departamento de Defensa (Iniciativa para el Aprendizaje Avanzado Distribuido, sin fecha). Como explican Burns y Parlett (1991),

Los diseñadoras de los sistemas de tutoría inteligente han planteado su propio Santo Grial. El grial es, como habrás adivinado, la capacidad de tener una base de conocimientos a gran escala y con múltiples usuarios que genere definiciones y explicaciones coherentes. Sobra decir que si un alumno tiene una pregunta razonable, entonces un sistema de tutoría inteligente debería tener una respuesta. (p. 6)

La computadora personal, la red, y la conectividad de comunicaciones que se están proliferando tan rápidamente, se han impuesto como norma. Debido a esto, nuestro enfoque en la escalabilidad se ha cambiado — de los costos de entrega a los costos de

desarrollo. Una de las fuerzas que hay detrás del fenómeno de los objetos instruccionales es la posibilidad de bajar los costos mediante varios mecanismos: la reutilizabilidad, la normatividad en la conectividad, la modularidad para optimizar la transmisión desde almacenes centrales, y la normatividad en la fabricación.

La estructura del espacio de diseño tecnológico: La zona de convergencia

Las tecnologías a menudo se desarrollan como sistemas *ad hoc* de práctica que luego se han de fundamentar en la teoría tecnológica y formar un intercambio de aportaciones mutuas con la teoría científica. La tecnología instruccional ahora está buscando sus cimientos teóricos con más bríos que nunca (Merrill, 1994; Reigeluth, 1999; Hannafin, y otros, 1997). Creemos que se pueden sacar varias pistas para desarrollar una base teórica más robusta para la tecnología instruccional, estudiando la tecnología como un tipo de actividad que busca el conocimiento y estudiando el proceso tecnológico.

La tecnología consiste en el trabajo humano realizado dentro de una “zona de convergencia” donde a los artefactos conceptuales (estructuras diseñadas, arquitecturas de estructuras) se les da una forma específica con materiales, información, y mecanismos de transferencia de fuerza-información. En esta zona de convergencia, se vinculan los artefactos conceptuales con artefactos materiales o de eventos que expresan una intención específica. En una discusión de la Instrucción por el World Wide Web y la Instrucción Centrada en los Modelos, Gibbons y sus asociados (Gibbons, y otros, en prensa) describen esta zona de convergencia en términos de estructuras instruccionales conceptuales que se realizan usando las estructuras de programación de una cierta herramienta de software.

Aquí es donde se juntan las estructuras instruccionales abstractas del diseñador y las estructuras concretas de lógica proporcionadas por la herramienta de desarrollo, para producir efectivamente un producto. En este punto se les da expresión a las estructuras abstractas del evento — si es posible — mediante las estructuras proporcionadas por la herramienta de desarrollo.

Burns y Parlett (1991) vislumbran este mundo fronterizo:

Se pueden describir las arquitecturas propuestas para representar los conocimientos de enseñanza de los sistemas de tutoría inteligente en términos de cómo los expertos entienden los conocimientos y cómo los programadores los pueden representar en conjuntos de estrategias de tutoría independientes de los dominios. (p. 5-6)

Herbet Simon, en *Sciences of the Artificial*, describe esta zona de convergencia entre el mundo abstracto y el mundo concreto como una clave para comprender la actividad tecnológica en general:

He demostrado que una ciencia de los fenómenos artificiales siempre corre peligro de disolverse y desaparecer. Las propiedades peculiares de los artefactos se encuentran en la delgada interfaz entre las leyes naturales de adentro y las leyes naturales de afuera. ¿Qué podemos decir al respecto? ¿Qué hay para estudiar aparte de las ciencias fronterizas — las que gobiernan el ambiente de los medios y de la tarea?

El mundo artificial se ubica exactamente en esta interfaz entre los ambientes interior y exterior; pretende lograr metas adaptando el primero al segundo. El estudio indicado para los que se interesan por lo artificial es ver la manera en que se logra esa adaptación de los medios al ambiente — y un aspecto esencial de esto es el mismo proceso de diseño. Las escuelas profesionales asumirán sus responsabilidades profesionales en el grado en que puedan descubrir una ciencia del diseño, un cuerpo de doctrina intelectualmente rigurosa, analítica, parcialmente formalizable, parcialmente empírica, enseñable, acerca del proceso de diseño. (p. 131-2)

Simon hace hincapié en la fragilidad de las conexiones a través de la interfaz entre lo conceptual y lo real; la interfaz es difícil de imaginar en lo abstracto, y no nos debe sorprender el hecho de que muchos diseñadores — especialmente los novatos — enfocan sus atenciones principalmente en el resultado material del proceso de diseño, y no en sus precursores conceptuales. De hecho, como explicamos en una sección posterior de este capítulo, el enfoque de los diseñadores en un conjunto particular de estructuras de diseño permite la clasificación de los diseñadores en varias categorías amplias.

Dimensiones del espacio de diseño

Los tecnólogos que logran visualizar esta frontera conceptual-material pueden quedar contrariados por su complejidad. Los diseños nunca son las concepciones sencillas, unitarias que describimos en los términos de los libros de texto. Más bien se trata de construcciones de múltiples capas de mecanismo y funcionalidad cuyas interconexiones requieren de varios vínculos transformacionales antes de lograr atravesar la frontera conceptual-material. Los vínculos y las capas deben articularse en diseños en los que se minimice la interferencia y se maximice la adaptabilidad futura del artefacto ante las condiciones cambiantes — el factor que le confiere al artefacto su capacidad de sobrevivir. Los sistemas de diseño automatizados proporcionan una orientación basada en principios para aquellas decisiones que no se pueden automatizar, y valores default para las que sí se pueden.

Brand (1994) describe el principio de las capas al describir el diseño en capas de la construcción — lo que él llama la secuencia “6-S” [*Nota del Tr. En inglés, las seis palabras que se ponen como encabezados empiezan todas con la “S”*]):

- ξ SITIO – Se trata de la ubicación geográfica, el lugar urbano, y el lote legalmente definido, cuyos límites y contexto sobreviven a generaciones de edificios efímeros. “El sitio es eterno”, concuerda Duffy.
- ξ ESTRUCTURA – El cimiento y los elementos que sostienen la carga son peligrosos y caros de cambiar, por lo que no suelen cambiarse. Éstos **son** el edificio. La vida estructural varía entre los 30 y 300 años (pero pocos edificios siguen en pie después de los 60, por otras razones).
- ξ REVESTIMIENTO – Las superficies exteriores cambian ahora cada 20 años, más o menos, para mantenerse al día con la moda y la tecnología, o por reparación al mayoreo. El enfoque reciente en los costos de la energía ha impulsado el desarrollo de Revestimientos rediseñados que son herméticos y mejor aislados.

- ξ SERVICIOS – Éstos son las “entrañas” operacionales de un edificio: cableado de comunicaciones, cableado eléctrico, tubería, sistemas de aspersores, HVAC (calefacción, ventilación, aire acondicionado), y piezas que se mueven, como elevadores y escaleras eléctricas. Se desgastan o se vuelven obsoletas de cada 7 a 15 años. Muchos edificios son demolidos más pronto si sus sistemas obsoletos están tan integrados al edificio que no se pueden reemplazar fácilmente.
- ξ PLAN DE DISTRIBUCIÓN – La distribución interior – dónde van las paredes, techos, pisos y puertas. El espacio comercial turbulento puede cambiar cada 3 años; las casas habitación sumamente tranquilos pueden aguantar 30 años.
- ξ MUEBLES – Sillas, escritorios, teléfonos, cuadros, aparatos electrodomésticos, lámparas, cepillos para el pelo; todas las cosas que se mueven entre diaria y mensualmente. Por algo se llaman **muebles**. (p. 13)

El envejecimiento de las capas a diferentes ritmos sugiere que las capas deben diseñarse para que se “deslicen” independientemente cuando requieren cambio, actualización, renovación, o revisión según diferentes calendarios que se pueden cumplir sin tirar abajo toda la estructura. Brand relaciona las interconexiones esenciales entre las capas con la longevidad del artefacto:

Surge un imperativo en cuanto al diseño. Un edificio adaptable tiene que permitir el deslizamiento entre los sistemas de Sitio, Estructura, Revestimiento, Servicios, Plan de distribución y Muebles, que se programan según diferentes calendarios. De otra forma los sistemas lentos obstaculizan el flujo de los rápidos, y los rápidos desgastan los lentos con sus constantes cambios. El integrar los sistemas puede parecer eficiente a primera vista, pero a lo largo resulta al contrario ineficiente, además destructivo. (p. 20)

Brand explica que “la secuencia 6-S se sigue con precisión tanto en el diseño como en la construcción”. Cada capa de un diseño le presenta al diseñador su propio sub-problema de diseño. Las capas deben contar con su propia integridad de diseño, pero las estructuras de cada capa deben articularse con las otras capas.

La Figura 1 sugiere el grado de multiplicidad de escenarios y capas en la interfaz de tecnología-producción de Simon, al ilustrar:

- (1) Las capas del diseño (la dimensión vertical de la figura) como podrían definirse para los diseñadores instruccionales
- (2) La secuencia progresiva de integraciones o vínculos estructura-a-estructura (la dimensión horizontal de la figura) por la que la concepción original de un diseño va transformándose en un verdadero artefacto.
- (3) Las interconexiones (líneas diagonales) entre las capas de un diseño muestran que cada capa puede articularse con cada una de las demás capas.

Figura 1: Múltiples escenarios y capas de un espacio de diseño instruccional.

(por el margen izquierdo) Las capas de Brand

Estructuras de diseño

Interfaz de Simon

**Estructuras de la
herramienta**

Estructuras del modelo
Estructuras del problema
Estructuras de estrategia
Estructuras del mensaje
Estructuras de
representación
Estructuras medios-lógica

Conforme va progresando un diseño desde la etapa conceptual hasta la etapa del verdadero artefacto, aumenta la integración de las capas al grado de que las capas del diseño abstracto y las del producto concreto apenas si se pueden distinguir. Así las capas de estructura y de servicios de un edificio desaparecen detrás de paredes interiores y del revestimiento exterior; así el modelo y las capas medios-lógica de un artefacto instruccional desaparecen detrás de las capas de representación de estrategia y superficie. Puesto que lo que experimentamos son las capas tangibles de la superficie de un diseño, no nos debe sorprender que los nuevos diseñadores no logren ver las

múltiples capas de estructura que efectivamente se diseñan. Esto es típico con los diseños de edificios, y es especialmente típico de los diseños instruccionales.

Los diseñadores instruccionales pueden clasificarse generalmente en términos de las estructuras que visualizan dentro de un diseño —las estructuras que por lo tanto usarán más probablemente para crear las estructuras centrales de sus diseños:

- ξ Los diseñadores centrados en los *medios* tienden a concentrarse en las estructuras relacionadas con los medios y su distribución (por ej., manuales, páginas, cortes, transiciones, sincronizaciones, etc.)
- ξ Los diseñadores centrados en el *mensaje* tienden a preferir las estructuras que se relacionan con la “narración” del mensaje instruccional de una manera que favorece su asimilación e integración rápida con los conocimientos anteriores (por ej., analogía, organizador de avances, uso de figuras conceptuales, dramatización, etc.)
- ξ Los diseñadores centrados en la *estrategia* prefieren colocar las estructuras y las secuencias de los elementos estratégicos en el centro de sus diseños (por ej., componentización del mensaje, patrones de interacción, tipos de interacción, etc.)
- ξ Los diseñadores centrados en el *modelo* tienden a construir sus diseños alrededor de modelos centrales e interactivos de ambientes, sistemas de causa-efecto, y conocimientos expertos de desempeño, y reforzarlos con problemas de enfoque y aditamentos instruccionales.

Los diseñadores suelen pasar por estos “centrismos” al ir acumulando la experiencia personal, pues, les va resultando evidente el valor de nuevas estructuras menos visibles, más sutiles. Con cada paso a una nueva perspectiva el diseñador gana el uso de las nuevas estructuras de diseño sin sacrificar las anteriores, así que este cambio conlleva la acumulación de bloques fundamentales para la construcción de diseños.

Cuando se usan los objetos instruccionales en el diseño, son estructuras dentro del espacio de diseño de Simon. En teoría, pueden ser objetos de medios, de mensaje, de estrategia o de modelo, o cualquier combinación de éstos, interactuando a través de

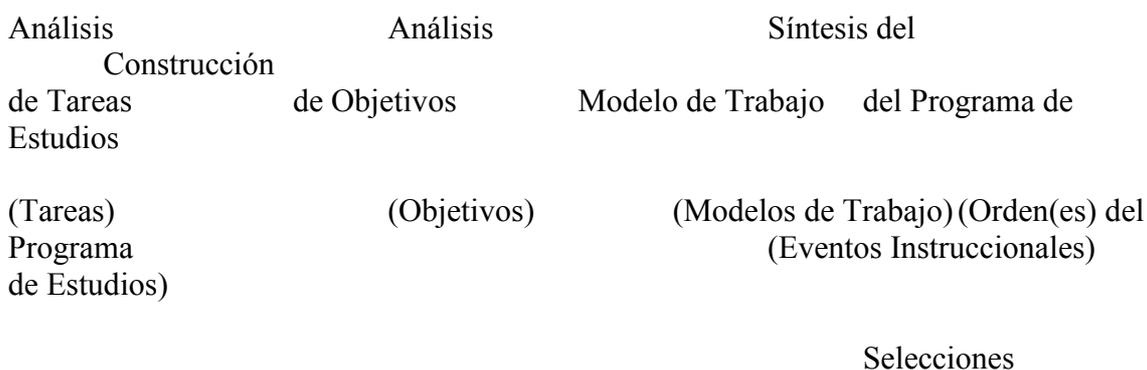
varias capas. Pueden representar un producto instruccional funcional que tiene un diseño de múltiples capas, o un solo elemento que puede integrarse en el momento de la instrucción para formar productos que provean alguna funcionalidad modular de una manera cooperadora.

El origen de los objetos instruccionales

Antes de la noción de los objetos instruccionales, las descripciones del proceso del diseño instruccional se han revestido de la terminología de otros tipos de estructuras que supuestamente se producen en algún momento durante el diseño.

La Figura 2 representa el proceso ISD tradicional relacionado con la interfaz de tecnología, de Simon. Típicamente, se ve el diseño como algo que se deriva mutuamente, en sucesión, de elementos estructurales que permiten el rastreo de requisitos de elementos de diseño para atrás a un cimienta de elementos de análisis. En la Figura 2, esta cadena de estructuras de análisis y diseño empieza con tareas obtenidas por el análisis de tareas que se usan como base para derivar objetivos, los cuales a su vez se usan como base para derivar modelos de trabajo (incluidos los eventos instruccionales, véase Gibbons, Bunderson, Olsen & Robertson, 1995).

Figura 2. La generación de estructuras de diseño instruccional dentro del lado abstracto del espacio de diseño, mostrando el preconditionamiento de las estructuras por las premisas instruccionales.



Medios)

de Medios
(Designaciones de

Eventos)

Diseño de Eventos
Individuales
(Eventos dentro de

(Palabras acomodadas en semi-círculo)

Estrategia compromiso precondiciones estructura opciones

(Dentro del círculo)

Plan de Estrategia
Genérica
(Gagné, Bloom, Merrill)

Alternativa:
Instrucción centrada
en Modelos

Las “T’s” del diagrama indican las transformaciones guiadas por reglas usando la estructura de base para obtener una estructura resultante. Los vínculos que no están marcados con una “T” quieren decir que se agregan cualidades o propiedades a una estructura que ya existe. El diagrama podría estar más detallado, pero en su forma actual ilustra cómo una progresión de estructuras de análisis (tareas, objetivos) finalmente se vincula hacia delante a estructuras de diseño (modelos de trabajo, eventos instruccionales) que constituyen el diseño. En ese momento los diseñadores tienden un puente a través de la brecha de Simon al vincular las estructuras que componen el diseño con estructuras de medio y herramientas (estructuras de lógica, estructuras de medios, representaciones, objetos concretos).

Las concepciones del proceso de diseño son idiosincráticas a los diseñadores. Diferentes diseñadores vinculan diferentes estructuras mediante diferentes cadenas derivacionales. La meta de la Figura 2 es mostrar cómo una perspectiva típica de diseñador puede relacionarse con varias generaciones de estructuras concretas por un lado de la brecha de Simon que vinculan desde el dominio abstracto hacia un dominio concreto cuyas estructuras son rastreables. Una versión distinta del proceso de diseño produciría un diagrama parecido a la Figura 2 que vinculara diferentes elementos. Toda la Figura 2

cabe dentro del tercio izquierdo de la Figura 1, así que todas las estructuras mostradas en la Figura 2 son abstractas. Los pasos de desarrollo que construyen el puente hacia las estructuras de herramientas y medios pueden originar objetos directamente correspondientes de medios y herramientas mediante un proceso que se llama “alineación” (véase Duffin & Gibbons, en preparación).

Sin importar las estructuras específicas usadas por un diseñador, se puede lograr de la misma manera su cartografía a través de la brecha de tecnología de Simon. Así, la descripción de Simon de esta interfaz describe un espacio subyacente de diseño, y esto permite la comparación de metodologías de diseño — a base de los elementos constructuales que se usan en vínculos por ambos lados de la brecha. Los objetos instruccionales tienen existencia por ambos lados: representan una alineación particular de diseño abstracto, medios abstractos, y estructuras concretas de herramientas.

La influencia de las perspectivas instruccionales en las estructuras de diseño

La Figura 2 también ilustra cómo las preconcepciones del diseñador con respecto a los métodos instruccionales condicionan la selección de estructuras de análisis y diseño derivados por el lado izquierdo de la brecha. Un diseñador que comulga con los principios conductistas derivará elementos de análisis que constan de cadenas operantes y unidades operantes individuales. Éstas se vincularán hacia delante para producir una descendencia rastreable de elementos derivados compatibles. Otro diseñador que se incline más hacia los enfoques estratégicos estructurados de la instrucción derivará elementos que correspondan a la taxonomía que fundamenta la perspectiva estratégica particular. Un partidario de Gagne producirá tareas y objetivos que corresponden a los tipos de aprendizaje de Gagne; un partidario de Bloom producirá unidades de análisis que corresponden a las de Bloom. Los tipos de transacción de Merrill (Merrill, y otros, 1996) cumplen con una función similar. Muchos diseñadores o equipos de diseñadores, en vez de apegarse a las estructuras de un determinado teórico, construyen sus propios esquemas de categorización. Éstos a menudo se ven condicionados por el contenido que se está enseñando y constan de combinaciones de clases de estructuras teóricas y motivadas por la práctica. Éstas condicionan las estructuras de análisis que se deriven y subsecuentemente la cadena de estructuras que resulte.

Así que las premisas instruccionales del diseñador ejercen una influencia sutil pero real que los diseñadores cotidianos no siempre reconocen. La perspectiva estratégica funciona como un patrón tipo ADN, y si se aplica coherentemente a lo largo del proceso, el análisis y el diseño pueden brindarle al diseñador coherencia de producto y eficiencia de desarrollo. Si el diseñador no se ve influenciado por una perspectiva estratégica particular, las estructuras de análisis y diseño vinculadas por la derivación pueden consistir en estructuras de entrega de mensajes o estructuras de entrega de medios. De esta forma, la Figura 2 también puede relacionarse con los cuatro “centrismos” que se describieron anteriormente.

El proceso de hacer un mapa de las estructuras primero por el lado abstracto del espacio de diseño tecnológico y luego a través de la brecha al lado concreto, es robusto a una enorme variedad de modelos de diseño instruccional muy personales. Es posible identificar, aun en el trabajo de diseñadores que niegan tener un único enfoque coherente para el diseño, un patrón de estructuras y relaciones derivativas que cruzan la brecha abstracción-concreción. Proponemos que este tipo de diseñador es el más común porque la mayoría de los diseñadores encuentran una amplia gama de tipos de problemas de diseño, y la producción de estructuras a partir del análisis puede diferir de proyecto a proyecto. De ahí que esto implicaría cuando menos algo de variación en los vínculos de forma y derivación para esas estructuras producidas también.

Ante las llamadas por modelos de diseño adaptados específicamente a las necesidades de educadores o diseñadores industriales, la perspectiva de diseño que estamos esbozando proporciona un vehículo para comprender las diferencias. Esto aplica también a la noción de procesos de diseño personalizados, procesos de diseño parciales o locales, y descripciones de procesos adaptados a las necesidades de un proyecto en particular. También es posible ver en procesos iterativos de diseño-desarrollo, cómo una de las cosas que pueden evolucionar a lo largo del proyecto es la naturaleza de las mismas estructuras de diseño y análisis.

Implicaciones para los objetos instruccionales

Las estructuras usadas en un espacio de diseño y sus relaciones derivativas representan la clave para comprender los orígenes y las estructuras de cualquier diseño. El objeto

instruccional entra en este espacio de diseño como una estructura potencialmente poderosa que debe encontrar su lugar dentro de un tejido de relaciones derivativas con otras estructuras. El problema de los objetos instruccionales, por lo tanto, es definir la estructura del objeto y sus partes internas, y también tiene que ver con la ubicación del objeto instruccional dentro del contexto del proceso de diseño.

Por esta razón, nos interesa el análisis pre-diseño. En el resto de este capítulo, esbozaremos un proceso de análisis centrado en modelos, en términos de su creación de estructuras dentro del espacio de diseño. También mostraremos cómo el producto de análisis se vincula dentro del espacio de diseño y finalmente con las estructuras de medios y herramientas. Antes de discutir las estructuras de análisis y diseño, es necesario describir la perspectiva estratégica de la instrucción centrada en modelos que preconditiona la selección y relación de estructuras de análisis en este capítulo.

La instrucción centrada en modelos

La instrucción centrada en modelos (Gibbons, 1998; en prensa) es una teoría de diseño que se basa en los siguientes principios:

- ξ **Experiencia:** A los alumnos se les debe dar la oportunidad de interactuar con modelos de tres tipos: ambiente, sistema de causa-efecto, y desempeño experto.
- ξ **Resolución de problemas:** La interacción con modelos debe enfocarse mediante problemas cuidadosamente seleccionados, expresados en términos del modelo, con soluciones ejecutadas por el alumno, por un compañero, o por un experto.
- ξ **Desnaturalización:** Los modelos son desnaturalizados por el medio usado para expresarlos. Los diseñadores deben seleccionar el nivel de desnaturalización que corresponda al nivel de conocimientos existentes del alumno.
- ξ **Secuencia:** Los problemas deben acomodarse en una secuencia cuidadosamente construida.
- ξ **Orientación hacia metas:** Los problemas deben ser adecuados para lograr metas instruccionales específicas.
- ξ **Recursos:** Se le deben dar al alumno recursos, materiales y herramientas para la resolución de problemas dentro de un ambiente de solución.
- ξ **Aditamentos instruccionales:** Durante la resolución del problema, el alumno debe recibir apoyo en la forma de elementos instruccionales dinámicos, especializados, diseñados.

La teoría se describe con más detalle en varias fuentes (Gibbons, 1998; Gibbons & Fairweather, 1998, en prensa; Gibbons, Fairweather, Anderson & Merrill, 1997; Gibbons, Lawless, Anderson, & Duffin, 2000).

Montague (1988) tipifica una tendencia generalizada actual hacia los diseños centrados en modelos:

La idea principal es que el ambiente instruccional debe representarle al alumno el contexto del ambiente en el que se utilizará, o se podría utilizar, lo aprendido. El conocimiento adquirido luego será adecuado para el uso, y los alumnos aprenden a pensar y actuar de manera adecuada. La transferencia debe ser directa y fuerte.

Así que el diseño de los ambientes de aprendizaje puede incluir combinaciones ingeniosas de varios medios para presentar tareas y información a los alumnos, para provocar pensamiento y planeación adecuados para llevar a cabo acciones, para evaluar errores en el pensamiento y la planeación y corregirlos. Yo soy de la opinión de que le toca al diseñador de instrucción proporcionar al alumno las herramientas y condiciones necesarias para el aprendizaje. Es decir, el alumno necesita aprender el lenguaje y los conceptos adecuados para comprender situaciones en las que se utiliza lo aprendido y cómo operar en ellas. Necesita conocer una multitud de hechos pertinentes, y cuándo y cómo usarlos. Luego, el alumno necesita aprender cómo sintetizar la información, los hechos, las situaciones y la habilidad de desempeño en contextos adecuados. Esta orientación hacia el desempeño o el uso está pensada en oposición a la enseñanza formal, orientada a los temas, que se enfoca en conocimientos y habilidades formales y generales abstraídos de sus usos y enseñados como temas aislados. La orientación al desempeño o al uso en la enseñanza ubica los conocimientos y habilidades que se han de aprender, en el contexto funcional de su uso. No se trata de una distinción trivial. Tiene serias implicaciones para el tipo de aprendizaje que ocurra, y la manera de suscitarlo. (p. 125-6)

En la perspectiva de la instrucción centrada en los modelos, el “modelo” y el “problema instruccional” se toman como estructuras nucleares de diseño. Estas estructuras

centradas en los modelos pueden vincularse directamente a estructuras de medios y herramientas. Se identifican mediante un método de análisis pre-diseño que llamamos el Proceso de Análisis Centrado en Modelos (MCAP) que capta estructuras de análisis y diseño al mismo tiempo, vinculándolas en una relación estrechamente alineada. El análisis centrado en los modelos genera una producción que se puede vincular directamente a los objetos instruccionales. El MPAC se definió a base de una exhaustiva revisión de la literatura sobre el análisis pre-diseño por Gibbons, Nelson, y Richards (2000a, 2000b).

El método de análisis está pensado para ser generalmente útil a todos los creadores instruccionales (instructores, diseñadores) sin importar el medio instruccional específico que usen. Hemos estructurado el proceso de análisis a propósito para que el método de análisis se aplique a la gama completa de aplicaciones instruccionales. Esto incluye a los instructores en el aula que enseñan lecciones individuales, diseñadores de multimedia que crean productos de cursos cortos, y diseñadores de sistemas de tutoría inteligente, especialmente aquéllos que ubican su capacitación en ambientes verosímiles de desempeño usando problemas como el principio de estructuración.

Teoría, artefactos, y análisis pre-diseño.

La naturaleza prescriptiva de la teoría tecnológica requiere que un diseñador conozca el estado de meta deseada, e invita al diseñador a emplear técnicas coherentes de estructuración como un medio para lograrla. Nuestra revisión de la literatura sobre el análisis pre-diseño comparó ejemplos de métodos de análisis existentes en términos de: (1) estructuras de entrada, (2) reglas de transformación, y (3) estructuras producidas.

La figura 3 muestra el proceso de análisis derivando, a partir de un cuerpo de conocimientos expertos, un artefacto que representa alguna estructura de evento o de contenido. Este artefacto lleva el sello estructural de los conocimientos expertos y funciona como una especie de almacén de información. A su vez puede transmitir su estructura e información a otros artefactos de diseño. De este mismo modo una cadena de intermediarios químicos durante el metabolismo celular almacena y transfiere información o energía para su uso posterior, en formas que en sí no pueden metabolizarse directamente.

Figura 3. Una teoría tecnológica de análisis.

Proceso de Aprendizaje Natural	<i>Punto Medido de Intervención</i>	Análisis Cuerpo de Conocimientos Expertos
Variedad de Resultados <i>Artefacto de Intervención</i>	Naturaleza y Número de Transformaciones	<i>Artefacto de Análisis</i>

En algún momento de este movimiento hacia delante de transmisión, la estructura se imprime en un artefacto instruccional para crear una forma que pueda “metabolizarse”. Mostramos esta transformación en la Figura 3 como *Transformaciones* del proceso de diseño, y hemos etiquetado el artefacto que resulta como el *artefacto de intervención*. Una premisa de la Figura 3 es que la intervención puede ocurrir en un *punto de intervención* que ha sido medido como un punto apropiado, quizás óptimo, para la aplicación de esa intervención artificial.

Describimos una metodología que produce artefactos que contienen estructuras de eventos de problemas que pueden transformarse en una variedad de artefactos capaces de expresión en una variedad de formas en una variedad de medios, mediante una variedad de estructuras de medios. Cuando estas estructuras de medios se ponen en contacto con los procesos de aprendizaje del alumno, el curso de aprendizaje se ve afectado. La cadena para derivar estas estructuras es corta, y a diferencia de las perspectivas formales de análisis y diseño del pasado, el orden de la creación de los artefactos vinculados es reversible y de doble sentido.

La estructura resonante

La figura 4 muestra que la producción de la tecnología MCAP es un elemento de diseño — la estructura del problema — y que este elemento se relaciona con tres clases de elementos analíticos: elementos ambientales, elementos de sistemas de causa-efecto, y elementos de desempeño experto. Las flechas en la Figura 4 muestran relaciones que crean una propiedad que llamamos *resonancia*. El principio de la resonancia es que cualquier tipo de elemento del análisis puede usarse como punto de entrada para la derivación sistemática de los restantes elementos de los otros tipos. Por ejemplo, la identificación de un elemento de ambiente lleva directamente a la identificación de

elementos de procesos de sistemas, de elementos relacionados de desempeño experto, y por fin a problemas que involucran a todos éstos. Del mismo modo, la identificación de un problema le permite al diseñador trabajar hacia atrás para definir los requisitos de ambiente, de sistema, y de desempeño experto necesarios para escenificar ese problema para los alumnos. La unidad básica del análisis MCAP es esta estructura resonante.

Figura 4. La estructura resonante del análisis centrado en modelos.



Esta relación resonante existe para todos los cuatro elementos de la Figura 4 en todas las direcciones indicadas por las flechas. La implicación es que el análisis no necesariamente procede de arriba para abajo, como en la mayoría de las metodologías de análisis, sino que el analista puede moverse lateralmente entre los elementos de diseño en un patrón más compatible con el flujo de pensamientos del experto en la materia. Creemos que aun las formas tradicionales de análisis proceden más o menos así, aun durante análisis que supuestamente son “de arriba para abajo”. El análisis empieza en algún punto ancla inicial y trabaja hacia fuera en todas las direcciones, a veces trabajando hacia arriba a una nueva ancla.

La Figura 5 muestra que cada uno de los tipos de elementos de la Figura 4 participa en una jerarquía de elementos de su propio tipo. Estas jerarquías pueden proyectarse, por decirlo así, sobre las perspectivas de un lenguaje de modelado. Este lenguaje de modelado, que hemos designado Lenguaje de Modelado de Análisis (AML) está diseñado a base del Lenguaje Unificado de Modelado (UML) usado por programadores para diseñar sistemas complejos de objetos (Booch, Rumbaugh, & Jacobsen, 1999).

Figura 5. Un lenguaje de modelado de análisis que proporciona múltiples perspectivas hacia un cuerpo de conocimientos expertos.



Desempeño Experto

Este lenguaje de modelado ofrece cuatro perspectivas proyectadas de un cuerpo de conocimientos expertos: una perspectiva de ambientes de desempeño, una perspectiva de sistemas de causa-efecto acomodados dentro de los ambientes, y desempeños expertos realizados sobre los sistemas de causa-efecto dentro de los ambientes. La cuarta perspectiva hacia el cuerpo de conocimientos expertos consiste en estructuras de problemas situados en situaciones cotidianas que se pueden usar para fines de diseño instruccional. Los problemas en la perspectiva de problemas se vinculan con los elementos de las otras perspectivas en relaciones resonantes.

La ventaja de representar el análisis como un conjunto de perspectivas vinculadas internamente es que se conservan las relaciones entre los elementos dentro de una perspectiva y se pueden servir para adelantar el análisis. El principio de resonancia le permite al analista moverse entre las perspectivas, llenando la jerarquía en cada una de ellas. También se le permite al analista trabajar dentro de una sola perspectiva, generando hacia arriba y hacia abajo a partir de elementos individuales según la lógica de esa jerarquía individual.

Por ejemplo, un analista, habiendo definido el proceso de un sistema, puede desglosar un proceso en sus sub-procesos mostrándolos jerárquicamente en la misma perspectiva y luego cambiarse a otra perspectiva, por ejemplo, a la perspectiva del desempeño experto, para identificar tareas relacionadas con el control o uso de los sub-procesos que fueron identificados en la primera perspectiva. Esto a su vez puede sugerirle al analista problemas de capacitación apropiados, y puede proceder a la perspectiva de problemas y registrar estos problemas.

La organización de las perspectivas

Las jerarquías de cada perspectiva difieren según una lógica única a esa perspectiva:

- ξ La jerarquía de la perspectiva de *ambiente* desglosa el ambiente en lugares en los que se puede navegar por rutas. Los lugares del ambiente normalmente se anidan uno dentro de otro, y los diagramas a menudo ofrecen la mejor representación de su

interrelación. Sin embargo, un simple cuadro sinóptico también puede captar esta relación. Las rutas entre los lugares deben captarse de manera suplementaria cuando se usa el cuadro sinóptico.

- ξ La *perspectiva de sistemas* contiene tres jerarquía bajo un solo encabezado: (1) una jerarquía de elementos en bruto, (2) una jerarquía de subsistemas funcionales, y (3) una jerarquía de procesos de sistema. Como ejemplos de estas relaciones se incluyen: (1) la división de un motor de automóvil en componentes físicos determinados por proximidad o yuxtaposición, (2) la división de un motor de automóvil en partes que a veces están físicamente aisladas pero que forman subsistemas funcionales, como el sistema de combustible, y el sistema de enfriamiento, y (3) una jerarquía aparte que describe procesos que se llevan a cabo al operar las fuerzas y la información y que se transforman dentro del sistema definido por (1) y (2). La perspectiva de sistemas incluirá en la mayoría de los casos una perspectiva del producto producido por el desempeño experto y/o las herramientas usadas para producir el producto.
- ξ La *perspectiva del desempeño experto* descompone desempeños complejos de pasos múltiples para sacar unidades de desempeño cada vez más simples según un principio de “partes de” o “variedades de”. Se han formado varios sistemas para el análisis de tareas cognoscitivas que hacen este tipo de desglose. Por otro lado, el análisis de tareas tradicionales logra este tipo de desglose pero a un menor grado de detalle y sin incluir pasos claves en la toma de decisiones. La perspectiva del desempeño experto también descompone las metas que representan estados de sistemas sobre los que se está actuando.
- ξ La *perspectiva de estructuras de problemas* contiene una jerarquía de estructuras de problemas sistemáticamente derivables del contenido de las otras perspectivas usando el hilo semántico paramétrico como dispositivo generador (véase descripción abajo). Esta perspectiva acomoda los problemas en un espacio multi-dimensional según los valores de campo en la estructura del hilo. Conforme los hilos van tomando modificadores más específicos, se mueven hacia abajo en la jerarquía.

Las perspectivas de ambiente, sistema y desempeño experto se componen de elementos analíticos. La perspectiva de la estructura de problemas se compone de elementos de diseño (sintetizados) que tienen una función analítica, de ahí la conexión de la

perspectiva de problemas a las otras tres. Esto hace del conjunto de perspectivas, tomadas juntas, un puente entre el análisis y el diseño.

Entrando al análisis desde puntos múltiples

El principio de resonancia permite puntos múltiples de entrada al análisis. El analista puede empezar juntando elementos de ambiente, elementos de sistema, elementos de desempeño experto, o elementos de estructura de problemas y organizarlos en perspectivas, y una vez que se junte la información para una perspectiva de análisis, la resonancia automáticamente lleva al analista a preguntas que pueblan cada una de las demás perspectivas.

Estructuras de problemas: El análisis puede empezar con un conjunto de estructuras que normalmente se consideran como pertenecientes al lado “diseño” del parteaguas análisis-diseño. Esta perspectiva del análisis significa que como analistas podemos empezar preguntándole a los expertos en la materia (SME) cuáles problemas de desempeño (situaciones de trabajo, crisis comunes, casos de uso, etc.) consideran ellos apropiados para la instrucción, como un medio para adelantar el análisis, usando estructuras del mundo de los expertos en la materia que ya se conocen. Cuando un experto en la materia empieza a generar ejemplos de problemas de desempeño, el diseñador instruccional debe traducir los planteamientos a una forma de hilo semántico, ya sea en el momento de análisis o en un período de documentación de seguimiento. El diseñador instruccional también debe usar el principio de las relaciones de resonancia para identificar elementos de desempeño, sistemas, y ambiente implícitos dentro de los planteamientos de problemas y registrarlos en sus respectivas perspectivas. Se pueden generar problemas adicionales al formalizar planteamientos de problemas en forma de hilos semánticos y variar sistemáticamente el contenido de campos dentro del hilo para crear nuevas formas de problemas.

Estructuras de desempeño experto: Actualmente existe una serie de herramientas para suscitar y registrar desempeño experto. Esta área ha sido el enfoque especial de análisis en el pasado para el análisis de tareas tradicionales (TTA) y el análisis de tareas cognoscitivas (CTA) El TTA generalmente ha procedido fragmentando una tarea de nivel superior en componentes de nivel inferior. El CTA generalmente ha buscado

secuencias de tareas, incluyendo razonamiento y pasos de toma de decisiones — especialmente los que se relacionan con características específicas del sistema operado. El análisis de desempeño en MCAP incorpora ambos principios, con un énfasis en el acomodo jerárquico de tareas, por el principio generativo que establece para el análisis continuo usando las tareas existentes para crear nuevas.

Para expeditar el análisis con los expertos en la materia, un enfoque de *casos de uso* es apropiado para identificar tanto fragmentos de tareas y las decisiones que los unen en secuencias de desempeño más largas. Un número suficiente de casos de uso juntados rápidamente puede proporcionarle al analista una gran cantidad de detalles de análisis, y en casos de un tiempo restringido para el desarrollo, le puede proporcionar una alternativa de análisis rápido porque los casos de uso constituyen una base para conjuntos de problemas.

Estructuras de ambiente: Un ambiente es un sistema que no está dentro del alcance inmediato de la instrucción. En la instrucción que utiliza progresiones de modelos como método (White & Frederiksen, 1990), lo que empieza siendo ambiente al final se imprime en los detalles de los sistemas que se están enseñando. Por lo tanto, el ambiente es una estructura relativa y dinámica. Si un sistema particular no está en la primera plana de la instrucción, en el contexto de un problema particular, se puede considerar como el ambiente o el fondo del problema. El ambiente proporciona tanto elementos de entorno como elementos de ruta para los procesos descritos en la perspectiva de sistema de MCAP. Una descripción de ambiente puede estar bastante detallada, y la mayoría de los expertos en la materia aceptan esto como norma. Sin embargo, Lesgold (1999) y Kieras (1988) han recomendado que las definiciones tanto de ambiente como de sistema necesitan limitarse a definiciones útiles desde el punto de vista del alumno para evitar la inclusión de información irrelevante, inútil para la instrucción.

Un buen punto de partida para suscitar elementos del ambiente es pedirles a los expertos en la materia que den todas las situaciones en las que existan sistemas o hagan falta desempeños. Una manera de captar el ambiente es con un diagrama usando el lenguaje de modelado de análisis (AML). La representación gráfica de un ambiente ayuda tanto al experto en la materia como al analista a asegurar que la perspectiva de ambiente esté

completa y a usar la perspectiva de ambiente para extenderse a otras perspectivas mediante el rastreo de rutas.

Estructuras de sistema: La comprensión de los procesos dentro de un sistema es un prerrequisito para explicar el comportamiento y los resultados con respecto a ese sistema. Una fuente significativa de los errores de los operarios es la falta de un modelo completo y preciso del sistema en el alumno. Es evidente que los buenos modelos de sistemas forman la base para el desempeño experto eficaz y que el crecimiento en el conocimiento experto conlleva cambios en la naturaleza de los modelos de sistema del experto (Chi, Glaser, & Farr, 1988; Psotka, Massey, & Mutter, 1988). En nuestra revisión de la literatura encontramos varios productos instruccionales que no se lograron tan bien como hubieran podido porque les faltaba un proceso de sistema que pudiera articularse por separado. MYCIN (Clancy, 1984) por ejemplo, no podía dar explicaciones de decisiones de sistemas expertos sin modelos de sistema. La instrucción que puede transmitirle al alumno un modelo completo de los procesos que ocurren dentro del alcance de la instrucción pueden darle al alumno una explicación completa de por qué se observaron ciertos fenómenos.

En el análisis del proceso de sistema se deben identificar tres cosas: eventos iniciadores, procesos internos, e indicaciones de terminación. Los eventos que inician un proceso de sistema constan de una acción de parte del usuario y otro proceso que actúa desde afuera. Los procesos internos se representan de varias maneras: como pasos secuenciales, como diagramas de flujo, o como principios (reglas) que controlan el flujo de los eventos.

Las estructuras de sistema se captan en forma de: (1) una jerarquía de componentes de sistema, (2) una jerarquía de unidades funcionales compuestas de componentes individuales, y (3) un rastreo de los procesos ante (1) y (2) encima de la descripción del ambiente. Los rastreos de proceso forman una forma jerárquica multi-dimensional pero se captan mejor como rastreos individuales, normalmente relacionados con elementos de desempeño experto.

El hilo semántico como estructura para la expresión de estructuras de problemas

Nosotros creemos que la arquitectura centrada en modelos y el proceso de análisis centrado en modelos son altamente relevantes para una discusión de los objetos instruccionales y su naturaleza y origen porque cualquier elemento de la arquitectura y cualquier elemento identificado durante el análisis puede tratarse como un tipo de objeto instruccional. Esto concuerda con la amplia gama de objetos de diferentes tipos (por ej., instruccionales, de conocimiento, de aprendizaje, etc.) mencionados en la primera parte de este capítulo. Por otro lado, creemos que el problema es un tipo clave de objeto de estructuración que le permite al diseñador conectar el análisis directamente con el diseño, y los diseños con las estructuras de herramientas.

La producción de MCAP es un conjunto de estructuras de problemas (con su ambiente resonante, sistema y primitivos de desempeño experto) que puede usarse para construir una secuencia en un programa instruccional. Una estructura de problema es una descripción de tarea completa y detallada que expresa un desempeño que se ha de usar durante la instrucción, ya sea como ocasión para modelar el desempeño experto o como un desafío de desempeño para el alumno.

La estructura de problema de MCAP es una estructura de datos. Una estructura de datos reiterativos de algún tipo es común a todas las metodologías de análisis. Donde esto es más evidente en el análisis de tareas tradicionales, es en la naturaleza reiterativa de tareas a diferentes niveles de la jerarquía; y en el análisis de tareas cognoscitivas, en la unidad PARI (Hall, Gott, & Pokorney, 1995), y en las estructuras de análisis regular por los sistemas ADN y SMART (Shute, en prensa). Es probable que la regularidad de estas unidades de análisis esté estrechamente relacionada con una unidad conceptual definida por Miller, Galanter, y Pribram (Miller, Galanter, & Pribram, 1960) llamada la unidad TOTE (Probar-Operar-Probar-Evaluar).

La estructura de problema MCAP se expresa como un hilo semántico — creado al fundir campos de datos desde las otras tres perspectivas de análisis: (1) ambiente, (2) sistemas de causa-efecto, y (3) desempeño experto. El hilo semántico expresa una estructura genérica de problema. Durante la instrucción, a una estructura de problema se le dan valores específicos de instanciación. El hilo semántico no cuenta con una estructura absoluta y por lo tanto, puede adaptarse a las características de tareas relacionadas con proyectos individuales y con las trayectorias de avance de los alumnos.

Sin embargo, creemos que el hilo está condicionado por un patrón general de relaciones que se encuentran en situaciones cotidianas esquemáticas o de evento-guión (Schank, y otros, 1994) en las que los actores actúan sobre sistemas y materiales pacientes usando herramientas para crear artefactos. Creemos que esta estructura dramática se relaciona con la lista de índices de Schank (Schank & Fano, 1992).

Una expresión general del hilo semántico consta de lo siguiente:

En <ambiente> uno o más <actores> ejecuta <desempeño> usando <herramienta> afectando <proceso de sistema> para producir <artefacto> que tiene <cualidades>.

Esta expresión general del hilo semántico puede desglosarse a su vez en partes más detalladas que corresponden a la definición detallada del ambiente, de los sistemas de causa-efecto, y del desempeño.

La parte del hilo que corresponde al ambiente general se puede expresar como sigue:

En <lugar> de <ambiente> en la presencia de <condiciones externas> en la presencia de <herramienta> en la presencia de <recursos de información> en la presencia de <recursos materiales>.

La parte del hilo que corresponde al sistema general se puede expresar como sigue:

Afectando <sistema> que existe en <estado> manifiesto por <indicador> y operado usando <control>.

La parte del hilo que corresponde al desempeño general se puede expresar como sigue:

Uno o más <actor(es)> ejecutan <desempeño> usando <método> con <técnica>.

Ventajas del hilo semántico

Una de las funciones del análisis es la rendición de cuentas. El análisis se convierte en parte del proceso de *rastreo de requisitos* (Jarke, 1998) para fines instruccionales. Los diseñadores deben poder demostrar que con su instrucción han logrado algún grado de cobertura de algún cuerpo de contenido.

Los requisitos de rendición de cuentas tradicionalmente han dado pie a formas de instrucción que cumplen con los requisitos administrativos pero que tienen poco impacto en el desempeño. Esto es especialmente cierto cuando la capacitación es regulada y mandada por autoridades (aviación, distribución de energía nuclear, desechos peligrosos). La rendición de cuentas en estos casos se ha equiparado con la cobertura verbal, y se ha impuesto como norma en estas situaciones una variedad formularia de entrenamiento verbal (*Guidelines for Evaluation of Nuclear Facility Training Programs*, 1994).

Normalmente se usan los objetivos instruccionales como la herramienta de rendición de cuentas al formar este tipo de instrucción, y en algunos casos se usan los métodos de análisis de tareas tradicionales como una manera de fundamentar los objetivos en un proceso sistemático para certificar solidez e integridad. La rendición de cuentas en esta atmósfera es difícil, y a veces se tiene que estirar los principios de análisis de tareas a fin de hacer la conexión a la rendición de cuentas.

La aceptación de la resolución de problemas como la forma apropiada de instrucción y valoración hace más difícil el problema de la rendición de cuentas. Crea nuevos problemas para la rendición de cuentas, porque la estructura básica de la rendición de cuentas cambia del chequeo verbal a la verdadera competencia dinámica. Los diseñadores instruccionales no tienen la capacidad de expresar la competencia dinámica, tampoco tienen una teoría de medición de desempeño que genere valoraciones apropiadas de desempeño.

El mecanismo del hilo semántico brinda un método para la descripción de competencia dinámica. Cuando se instancia el hilo con valores específicos o con una gama de valores, expresa un problema específico o una gama específica de problemas. Las variaciones de los valores del hilo convierten esto en una expresión de una gama de capacidad de desempeño.

Generando problemas y usando la ponderación para enfocar los conjuntos de problemas

Los problemas instruccionales se generan computacionalmente con el hilo semántico definiendo una gama de valores para cada campo del hilo y luego sustituyendo valores sistemáticamente en posiciones específicas del hilo. La generación de problemas usando el hilo semántico ocurre en dos pasos: (1) inserción de valores de las perspectivas organizadas jerárquicamente al hilo para crear un problema, y (2) selección de valores iniciales específicos que instancian el problema. Esto da por resultado una proliferación geométrica de posibles problemas, así que son importantes los mecanismos capaces de limitar y enfocar los conjuntos de problemas en secuencias.

Esto se logra seleccionando los valores de los hilos según el principio que el diseñador esté tratando de maximizar dentro de la secuencia de un problema. Se dan aquí como ejemplos algunos posibles principios de secuencias:

- ξ *Cobertura máxima en tiempo limitado*—Se seleccionarán los valores de los hilos con un mínimo de redundancia. Cada problema contendrá el máximo número posible de elementos nuevos en posiciones del hilo.
- ξ *Manejo de carga cognoscitiva*—Se seleccionarán los valores de los hilos en términos de lo que agreguen a la actual *carga cognoscitiva*. Los aumentos pueden deberse a un requisito de aumento de memoria, a una coordinación de demandas sensoriales conflictivas, a una integración de procesos paralelos de decisiones, o a muchas otras posibilidades. Se juzga cada elemento del hilo según su aportación a la carga.
- ξ *Integración de complejos de aprendizaje previo*—Se seleccionan los valores del hilo como combinaciones de elementos de cada una de las jerarquías de perspectiva que practican áreas ya dominadas de las jerarquías en nuevas combinaciones.
- ξ *Descontextualización de habilidades*—Se seleccionan los valores del hilo para que varíen sistemáticamente, conservando elementos de desempeño experto pero variando los elementos de ambiente y sistema lo más que se pueda. Se retienen los desempeños nucleares en el hilo pero se les agrega la más amplia variedad posible de desempeños no relacionados.

- ξ *Práctica hacia la automaticidad*—Se mantienen los valores de los hilos lo más estáticos que se pueda, con la excepción de las condiciones del ambiente, que cambian en términos de factores de sincronización donde se pueda.
- ξ *Transferencia*—Los valores del hilo para el desempeño experto cambian a lo largo de una dimensión en la que los desempeños en la secuencia cuentan con elementos similares. Se procura que los elementos del hilo relacionados con el ambiente y el sistema se varíen lo más que se pueda.
- ξ *Conciencia de riesgo*—Se seleccionan los valores del hilo a base de ponderaciones relacionadas con los desempeños, los procesos de sistema, y las configuraciones ambientales que históricamente han implicado riesgos, o tienen el potencial de implicar riesgos.

Cuando se han seleccionado los valores de los hilos, el diseñador instancia los problemas individuales al especificar datos que sitúan el problema. Estos datos incluyen:

- ξ *Datos de configuración del ambiente*—Datos que describen el ambiente específico en el que se le presentará el problema al alumno.
- ξ *Datos de inicialización del ambiente*—Datos que describen valores variables del ambiente al inicio del problema.
- ξ *Datos de configuración del sistema*—Datos que describen la configuración de sistemas con los que el alumno interactuará o que observará.
- ξ *Datos de inicialización del sistema*—Datos que describen valores variables de los sistemas al inicio del problema.
- ξ *Historia del problema*—Datos que describen la historia de eventos que han llevado el problema a su estado actual.
- ξ *Datos del estado final del problema*—Datos que describen los estados del sistema y del ambiente al final de un problema concluido con éxito.

ξ

Relación con los objetos instruccionales

La literatura habla de los objetos instruccionales, bajo sus diferentes nombres, como si fueran un elemento unitario, bien definido. Sin embargo, se les debe ver en términos de

su lugar en una jerarquía arquitectónica capaz de encontrarlos, compararlos y seleccionarlos y luego juntarlos para realizar una función instruccional orquestada que requiere más de lo que puede lograr un solo objeto a menos que sea un producto instruccional autosuficiente. Se describe una superestructura arquitectónica capaz de emplear los objetos de esta manera en la Arquitectura de Sistemas de Tecnología de Aprendizaje (LTSA) (Farance & Tonkel, 1999).

Esta arquitectura requerirá una variedad de tipos de objetos, algunos simples portadores de contenido, pero otros que consten de sub-unidades instruccionales funcionales de muchos tipos, incluyendo en muchos casos modelos interactivos y conjuntos de problemas relacionados con ellos, definidos con respecto a los modelos.

Peters, por ejemplo, describe cómo “...los ‘objetos de conocimiento’ habilitados por una nueva clase de bibliotecas digitales se parecerán mucho más a las ‘experiencias’ que a las ‘cosas’, mucho más a los ‘programas’ que a los ‘documentos’, y los lectores tendrán experiencias únicas con estos objetos de una manera mucho más profunda de lo que ocurre ahora con los libros, las revistas, etc.” (Peters, 1995). Esto a su vez sugiere la necesidad de componentes de modelo que puedan juntarse en varias combinaciones para crear ambientes y sistemas para progresiones de problemas.

Por ejemplo, un fabricante de conmutadores telefónicos, a fin de alinear los objetos de capacitación con el contenido de capacitación y luego reutilizar los mismos objetos en múltiples contextos de capacitación, podría crear modelos de tres PBX’s (conmutadores) diferentes y dos juegos diferentes de teléfonos, un juego de escritorio y uno manual, que pueden conectarse en diferentes configuraciones. Los mismos modelos podrían usarse en numerosos problemas de capacitación para el instalador, el encargado de mantenimiento, y el operador. Los conjuntos independientes de problemas (en sí un tipo de objeto instruccional) constarían de la lista de los modelos que se habrían de interconectar para un problema particular: valores iniciales, valores terminales (de solución), y datos instruccionales que usarían las funcionalidades instruccionales independientes (entrenadores, retroalimentadores, proveedores didácticos) en conjunto con los problemas. Los agentes instruccionales, por supuesto, serían también una variedad de objetos instruccionales.

MCAP brinda una base de metodología compartida para derivar suites de objetos de modelo, interoperables no sólo consigo mismos sino con agentes instruccionales que comparten la perspectiva instruccional centrada en modelos. La idea importante aquí no es que los principios centrados en modelos sean los indicados para toda ocasión, sino que un proceso capaz de coordinar las premisas instruccionales con los contornos y conexiones de objetos, reportará beneficios para la creación y el uso de los objetos instruccionales.

Éste es el principio que hemos estado explorando con MCAP. Nos ha parecido útil describir una arquitectura de productos instruccionales centrados en los modelos que se alinea con varias capas de diseño (véase Figura 1): modelos instruccionales, estrategias instruccionales, problemas instruccionales, elementos de mensajes instruccionales, representación, y medios-lógica. Al mismo tiempo permite la integración de estos niveles de diseño para formar productos corrientes, les permite un máximo de portatibilidad y reutilizabilidad en varias modalidades. Se pueden agregar funciones instruccionales independientemente de la función del modelo. La arquitectura centrada en los modelos se ilustra en la Figura 6 abajo, e incluye:

- ξ Un *ambiente de resolución de problemas* que contiene todo
- ξ Un *ambiente* del problema que contiene lugares que portan información
- ξ Las *rutas* para navegar entre lugares
- ξ *Modelos de causa-efecto* o *de eventos* invisibles al vidente
- ξ *Controles e indicadores* dentro de lugares, conectados a los modelos
- ξ Uno o más *problemas* que se han de resolver dentro del ambiente del problema
- ξ Modelos de *desempeño experto* que se pueden observar
- ξ *Recursos* que brindan información útil para la solución del problema
- ξ *Herramientas* que pueden usarse para generar información o para registrar información
- ξ *Aditamentos instruccionales* que ofrecen entrenamiento, retroalimentación, interpretaciones, explicaciones, u otras ayudas para la resolución de problemas.

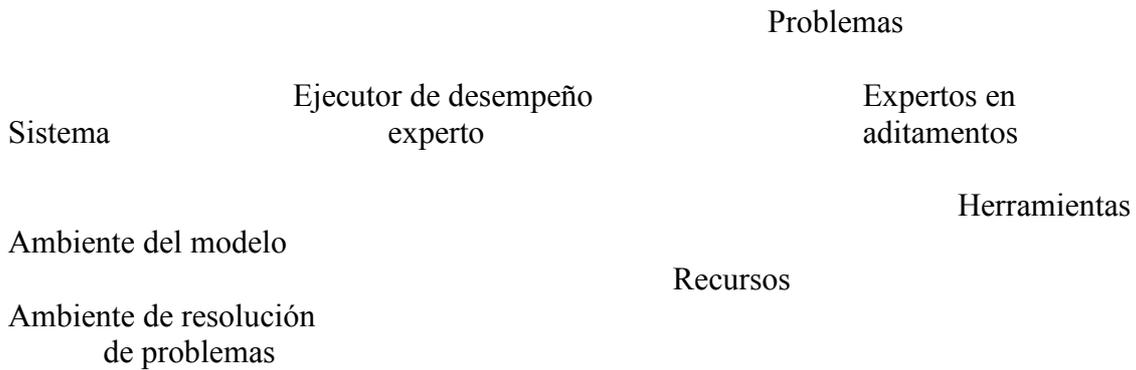
Relación con las metas de CBI: adaptabilidad, generatividad, y escalabilidad

Lo que es más importante, la vinculación del origen de los objetos instruccionales con el proceso de diseño — mediante estructuras de análisis y diseño — parece cambiar el mismo proceso de análisis y diseño de un modo que produce primitivos que pueden usarse para cumplir con las metas de CBI de adaptabilidad, generatividad y escalabilidad.

La *Adaptabilidad* se obtiene al ensamblarse e implementarse los objetos instruccionales en respuesta a los estados actuales de los alumnos. La granularidad de la adaptabilidad en las arquitecturas de los objetos corresponderá a la granularidad de los mismos objetos y las reglas instruccionales que se puedan generar para controlar la operación de los objetos. MCAP es flexible con respecto a la granularidad porque representa elementos de ambientes, sistemas, y desempeño experto a altos niveles de consolidación o a niveles muy detallados y fragmentados. Se puede ajustar la granularidad de la identificación de objetos a cualquier nivel entre estos extremos. Ésta es una de las características que le permite a MCAP brindar funcionalidad útil de análisis y diseño tanto para proyectos de desarrollo de pequeña escala y bajo presupuesto (que usarán instructores y retroproyectors) como para los que son a gran escala y cuentan con un presupuesto generoso (que quizá incursionen en los métodos de tutoría inteligente).

La *Generatividad* también se ve favorecida por un análisis que identifica a un alto nivel de granularidad los términos que podrían entrar en un diálogo instruccional en cualquier nivel. La generatividad no es una simple propiedad de los sistemas instruccionales basadas en computadoras, sino que se refiere más bien a la capacidad del sistema para combinar sobre la marcha cualquiera de varias estructuras instruccionales con estructuras de herramientas y material: suites de modelos instruccionales, problemas instruccionales y secuencias de problemas instruccionales, estrategias instruccionales, mensajes instruccionales, representaciones instruccionales, y hasta medios-lógica instruccional. El método del hilo semántico para expresar los problemas — aunque impráctico computacionalmente sin los datos adecuados para dirigir la generación de problemas — puede llevar a los diseñadores, siempre y cuando se le proporcionen los datos, a la generación de conjuntos de problemas progresivos y puede hacer posible la generación de secuencias de problemas para los sistemas basados en computadoras.

Figura 6. Arquitectura instruccional centrada en modelos.



La *escalabilidad* tiene que ver con la producción de cantidad a niveles especificados de calidad dentro de límites especificados de tiempo y recursos. También requiere de un aumento de productividad sin un aumento proporcional de costos de producción. La tecnología de objetos instruccionales no puede brindar escalabilidad porque no está disponible la infraestructura de habilidades, herramientas, y procesos que la sustente. La escalabilidad, sin embargo, es uno de los principales argumentos propuestos para promover las economías de los objetos instruccionales (Spohrer, Sumner & Shum 1998), y las tecnologías adecuadas para diseñar y usar objetos modificarán los costos del desarrollo instruccional del mismo modo que las carreteras, las gasolineras y los talleres mecánicos modificaron los costos de los automóviles.

Conclusión

Nuestro propósito ha sido ubicar los objetos instruccionales dentro de un contexto de proceso de diseño. Los esfuerzos normativos relacionados con las propiedades y la catalogización de los objetos abrirán las compuertas para la fabricación e intercambio de objetos, pero si no se le presta atención al proceso de diseño, no se dará ni la interoperabilidad entre todas las variedades necesarias de objetos instruccionales, ni la economía favorable que se necesita para sustentar su uso.

Referencias:

References

Advanced Distance Learning Initiative. (<http://www.adlnet.org>).

- Anderson, J. R. (1993). *Rules of the Mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Atkinson, R. C. & Wilson, H. A. (1969a). *Computer-Assisted Instruction: A Book of Readings*. New York: Academic Press.
- Atkinson, R. C. & Wilson, H. A. (1969b). Computer-Assisted Instruction. In R. C. Atkinson & H. A. Wilson, *Computer-Assisted Instruction: A Book of Readings*. New York: Academic Press.
- Booch, G., Rumbaugh, J., & Jacobsen, I. (1999). *The Unified Modeling Language User Guide*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Brand, S. (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*. New York: Penguin Books.
- Burns, H. & Parlett, J. W. (1991). The Evolution of Intelligent Tutoring Systems: Dimensions of Design. In H. Burns, J. W. Parlett, & C. L. Redfield (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: Evolutions in Design*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Burns, H., Parlett, J. W., & Redfield, C. L. (1991). *Intelligent Tutoring Systems: Evolutions in Design*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Chi, M., Glaser, R., & Farr, M. (1988). *The Nature of Expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Clancey, W. J. (1984). Extensions to Rules for Explanation and Tutoring. In B. G. Buchanan & E. H. Shortliffe (Eds.), *Rule-Based Expert Systems: The Mycin Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Duffin, J. R. & Gibbons, A. S. (in preparation). Alignment and Decomposition in the Design of CBI Architectures.
- Edmonds, G. S., Branch, R. C. & Mukherjee, P. (1994). A Conceptual Framework for Comparing Instructional Design Models. *Educational Technology Research and Development*, 42(4), 55-72.
- Fairweather, P. G. & Gibbons, A. S. (2000). Distributed Learning: Two Steps Forward, One Back? Or One Forward, Two Back? *IEEE Concurrency*, 8(2), 8-9, 79.

Farance, F. & Tonkel, J. (1999). *Learning Technology Systems Architecture (LTSA)*. (<http://edutool.com/ltsa/>)

Gerard, R. W. (1969). Shaping the Mind: Computers In Education. In R. C. Atkinson & H. A. Wilson, *Computer-Assisted Instruction: A Book of Readings*. New York: Academic Press.

Gibbons, A. S. (1998). Model-Centered Instruction. Paper presented at the Annual Meeting of the American Education Research Association, San Diego, CA.

Gibbons, A. S. (in press). Model-Centered Instruction. *Journal of Structural Learning and Intelligent Systems*.

Gibbons, A. S., Bunderson, C. V., Olsen, J. B. & Robertson, J. (1995). Work Models: Still Beyond Instructional Objectives. *Machine-Mediated Learning*, 5(3&4), 221-236.

Gibbons, A. S. & Fairweather, P. G. (1998). *Computer-Based Instruction: Design and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Gibbons, A. S. & Fairweather, P. G. (in press). Computer-Based Instruction. In S. Tobias & J. D. Fletcher (Eds.), *Training and Retraining: A Handbook for Business, Industry, Government, and Military*. New York: Macmillan Reference.

Gibbons, A. S., Fairweather, P. G., Anderson, T. A. & Merrill, M. D. (1997). Simulation and Computer-Based Instruction: A Future View. In C. R. Dills & A. J. Romiszowski (Eds.), *Instructional Development Paradigms*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Gibbons, A. S., Lawless, K., Anderson, T. A. & Duffin, J. R. (in press). The Web and Model-Centered Instruction. In B. Khan (Ed.), *Web-Based Training*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Gibbons, A.S., Nelson, J. & Richards, R. (2000a). Theoretical and Practical Requirements for a System of Pre-Design Analysis: State of the Art of Pre-Design Analysis. Center for Human-Systems Simulation, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Idaho Falls, ID.

Gibbons, A.S., Nelson, J. & Richards, R. (2000b). Model-Centered Analysis Process (MCAP): A Pre-Design Analysis Methodology. Center for Human-Systems

Simulation, Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Idaho Falls, ID.

Gordon, J. & Zemke, R. (2000). The Attack on ISD. *Training*, April, 43-53.

Graves, W. H. (1994). Toward A National Learning Infrastructure. *Educom Review*, 29(2). (<http://www.educause.edu/pub/er/review/reviewArticles/29232.html>)

Guidelines for Evaluation of Nuclear Facility Training Programs (DOE-STD-1070-94)(1994). Washington, D.C.: U.S. Department of Energy.

Hall, E. P., Gott, S. P., & Pokorny, R. A. (1995). *Procedural Guide to Cognitive Task Analysis: The PARI Methodology* (AL/HR-TR-1995-0108). Brooks, AFB, TX: Armstrong Laboratory, Human Resource Directorate.

Hannafin, M. J., Hannafin, K. M., Land, S. M. & Oliver, K. (1997). Grounded Practice and the Design of Constructivist Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 45(3), 101-117.

Hill, T. (1998). Dimensions of the Workforce 2008: Beyond Training and Education, Toward Continuous Personal Development. Paper presented at *Technology Applications in Education Conference*, Institute for Defense Analyses, Alexandria, VA, December 9-10.

Jarke, M. (1998). Requirements Tracing. *Communications of the ACM*, 41(2).
Kieras, D. E. (1988). What Mental Models Should Be Taught: Choosing Instructional Content for Complex Engineered Systems. In J. Psofka & D. L. Massey & S. A. Mutter (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems: Lessons Learned* (pp. 85-111).

Lesgold, A. M. (1999). Intelligent Learning Environments for Technical Training: Lessons learned. In A. K. Noor (Ed.), *Workshop on Advanced Training Technologies and Learning Environments*. Hampton, VA: NASA Langley

Merrill, M. D. (1994). *Instructional Design Theory*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

Merrill, M. D. and the ID2 Research Group (1996). Instructional Transaction Theory: Instructional Design Based On Knowledge Objects. *Educational Technology*, 36(3), 30-37.

Miller, G. A., Galanter, E., & Pribram, K. H. (1960). *Plans and the Structure of Behavior*. New York: Henry Holt and Company, Inc.

Misa, T. J. (1995). *A Nation of Steel*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Montague, W. E. (1988). Promoting Cognitive Processing and Learning by Designing the Learning Environment. In D. Jonassen (Ed.), *Instructional Designs for Microcomputer Courseware*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Noor, A. K. (1999). *Advanced Training Technologies and Learning Environments: Proceedings of a workshop sponsored by NASA and the Center for Computational Technology (University of Virginia)*. March, NASA/CP-1999-209339.

Peters, P. E. (1995). Digital Libraries Are Much More Than Digitized Collections. *Educom Review*, 30(4), July/August.
(<http://www.educause.edu/pub/er/review/reviewArticles/30411.html>)

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

Psotka, J., Massey, D. L., & Mutter, S. A. (1988). *Intelligent Tutoring Systems: Lessons Learned*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Reigeluth, C. M. (1999). *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory, Volume II*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Rowland, G. (1993). Designing Instructional Design. *Educational Technology Research and Development*, 41(1), 79-91.

Schank, R. C., & Fano, A. (1992). A Thematic Hierarchy for Indexing Stories. Evanston, IL: The Institute for the Learning Sciences, Northwestern University.

Schank, R. C., Kass, A., & Riesbeck, C. K. (Eds.). (1994). *Inside Case-Based Explanation (Vol. 3)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Shute, V. J. (in press). DNA: Towards an Automated Knowledge Elicitation and Organization Tool. In S. P. Lajoie (Ed.), *Computers as Cognitive Tools: No More Walls (2nd ed.)*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Silberman, H. F. (1969). Applications of Computers in Education. In R. C. Atkinson & H. A. Wilson, *Computer-Assisted Instruction: A Book of Readings*. New York: Academic Press.

Spohrer, J. Sumner, T. & Shum, S. B. (1998). Educational Authoring Tools and the Educational Object Economy: Introduction to the Special Issue From the East/West Group. *Journal of Interactive Media In Education*. (<http://www-jime.open.ac.uk/98/10/spohrer-98-10-paper.html>)

Stolurow, L. M. (1969). Some Factors in the Design of Systems for Computer-Assisted Instruction. In R. C. Atkinson & H. A. Wilson, *Computer-Assisted Instruction: A Book of Readings*. New York: Academic Press.

Suppes, P. (1969). Computer Technology and the Future of Education. In R. C. Atkinson & H. A. Wilson, *Computer-Assisted Instruction: A Book of Readings*. New York: Academic Press.

Wenger, E. (1987). *Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.

White, B. Y. & Fredricksen, J. (1990). Causal Model Progressions As A Foundation for Intelligent Learning Environments. *Artificial Intelligence*, 24, 99-157.