

## Sobre la relación entre la ergonomía y psicología cognitivas\*

Ladislao Salmerón  
*Universidad de Granada*  
Inmaculada Fajardo  
*Universidad del País Vasco*  
José J. Cañas  
*Universidad de Granada*

*En el presente trabajo se describe el ámbito y el modo de trabajo de la ergonomía cognitiva, para a continuación ahondar en la relación entre la ergonomía y la psicología cognitiva. En este sentido, se discute la visión extendida en el ámbito científico que concibe a la ergonomía cognitiva como simple ciencia aplicada de la psicología cognitiva. Para contrarrestar esta visión se defiende el papel de la ergonomía cognitiva como ciencia generadora de conocimiento. Finalmente, se presenta un marco conceptual sobre el trabajo del ergónomo cognitivo con el objetivo de facilitar el desarrollo de líneas de investigación conjuntas entre la ergonomía y psicología cognitivas.*

*Palabras clave: ergonomía cognitiva, psicología cognitiva, sistema cognitivo conjunto*

*This study describes the field of cognitive ergonomics and discusses the relation between this discipline and cognitive psychology. We argue against the view commonly held by scientists that cognitive ergonomics is merely the applied science of cognitive psychology and describe studies that support the role of cognitive ergonomics as a basic science. Finally, we propose a conceptual framework for the work of the cognitive ergonomist, in order to promote joint research projects involving cognitive ergonomics and cognitive psychology.*

*Key words: Cognitive ergonomics, cognitive psychology, joint cognitive system*

\* El presente trabajo ha sido financiado parcialmente por una beca de Formación de Profesorado Universitario por parte de la Secretaría de Estado de Educación y Universidades al primer autor.  
*Correspondencia:* Ladislao Salmerón. Departamento de Psicología Experimental. Universidad de Granada. Campus de Cartuja, s/n. 18071 Granada. Correo electrónico: lalo@ugr.es

## Introducción: concepto e historia de la ergonomía cognitiva

Cuando definimos a la ergonomía como la disciplina científica que estudia el diseño de los sistemas donde las personas realizan su trabajo, conviene resaltar que en la relación entre la persona y estos sistemas destacan dos aspectos relativamente diferentes: por una parte, tenemos el aspecto puramente físico que hace referencia a la estructura muscular y esquelética de la persona. Por ejemplo, una persona trabajando en una oficina puede estar sentada (escribiendo en un ordenador) o de pie (haciendo fotocopias). La postura del trabajador en ambas situaciones es diferente y el diseño del puesto de trabajo tiene que hacerse pensando en las características de la estructura del cuerpo humano para que la persona se encuentre cómoda, no se canse, no desarrolle ninguna patología de la columna vertebral, etc. De este aspecto se ocupa la *ergonomía física* y es quizás el más popularizado. Por ejemplo, cuando se anuncia un nuevo automóvil 'con diseño ergonómico', el eslogan suele hacer referencia a que, por ejemplo, la altura del volante es ajustable para adaptarse a la altura del conductor.

Sin embargo, hay otro aspecto de la relación entre la persona y el sistema de trabajo que hace referencia a cómo una persona conoce y actúa con los artefactos. Para poder realizar su tarea una persona tiene que percibir los estímulos del ambiente, recibir información de otras personas, decidir qué acciones son las apropiadas, llevar a cabo dichas acciones, transmitir información a otras personas para que puedan realizar sus tareas, etc. Todos estos aspectos son el objeto de estudio de la *Ergonomía Psicológica o Cognitiva* (Cañas y Waern, 2001). En el diseño de un automóvil, en ergonomía cognitiva nos interesará cómo la información se presenta al conductor. Por ejemplo, a la hora de diseñar el indicador de velocidad podemos hacerlo utilizando indicadores analógicos o digitales. En cada caso, la forma en que el conductor perciba y procese la información sobre velocidad será diferente. Aunque los dos aspectos, el físico y el psicológico, no son totalmente independientes, en ergonomía cognitiva nos interesa el segundo y hacemos referencia al primero en la medida que tenga consecuencias psicológicas. Por ejemplo, si un conductor adopta una determinada postura incómoda su fatiga aumentará y ésta tendrá efectos psicológicos como, por ejemplo, una disminución de su nivel de vigilancia.

El desarrollo de la ergonomía cognitiva como disciplina científica está íntimamente ligado al desarrollo de la tecnología en el siglo XX y, sobre todo, a la propiciada y financiada por los ministerios de defensa de dos grandes potencias económicas, EEUU y Gran Bretaña. Así, los inicios de la disciplina se remontan a la Segunda Guerra Mundial en estos dos países, donde se fundaron las primeras asociaciones de profesionales de la disciplina, con nombres como factores humanos, ingeniería humana o psicológica, ingeniería cognitiva o ergonomía cognitiva (Roscoe, 1997). Hasta entonces, el diseño de tecnología se había regido por la lógica de adaptar el usuario a la máquina, a través del entrenamiento y la selección de candidatos. Pero en la Segunda Guerra Mundial, la utilización de una ingente cantidad de nueva tecnología compleja (e.g. radares, aviones) puso de manifiesto que hasta los soldados más aptos y mejor entrenados sufrían serias dificultades en su uso. Como consecuencia de esta situación, psicólogos

experimentales, militares y civiles, fueron requeridos para evaluar la interacción de los operarios con la maquinaria de guerra y recomendar soluciones a los problemas encontrados. Este hecho motivó una orientación diferente para el diseño de la maquinaria de guerra y la tecnología en general: en vez de «forzar» al usuario a adaptarse a la tecnología previamente diseñada, los artefactos deberían diseñarse en función de las características del usuario final. Un ejemplo paradigmático de este proceso se observó en el ámbito de la aviación militar donde se pasó de hablar de fallos mecánicos a fallos del piloto y de fallos del piloto a fallos de diseño (Roscoe, 1997). Tras la segunda guerra mundial muchos de los psicólogos contratados por los ministerios de defensa comenzaron a fundar laboratorios de ergonomía en el ámbito universitario, aplicando los conocimientos a tecnología no militar, aunque paralela a aquella, como en la industria de la aviación civil. Desde entonces, la ergonomía cognitiva se ha desarrollado tanto en Norte América como en Europa, abarcando diversos campos de actuación, cada vez más relacionados con el uso cotidiano de la tecnología, sobre todo desde la popularización del ordenador personal e Internet.

Aunque podríamos hablar de ergonomía psicológica, utilizamos el término cognitiva para indicar que el objetivo es estudiar los aspectos cognitivos de la interacción entre las personas, el sistema de trabajo y los artefactos que encontramos en él, con el objeto de diseñarlos para que la interacción sea eficaz. Los procesos cognitivos como percepción, aprendizaje o solución de problemas juegan un papel importante en la interacción y deben ser considerados para explicar tareas cognitivas, tales como la búsqueda de información y su interpretación, la toma de decisiones y la solución de problemas, etc. Sin embargo, hablemos de ergonomía cognitiva o ergonomía psicológica, la cuestión importante que debemos considerar a la hora de evaluar sus contenidos y sus campos de aplicación, es la relación entre ésta y la psicología cognitiva, la ciencia básica que estudia los procesos cognitivos que pueden ser relevantes en la interacción con los artefactos. Esta relación ha sido vista desde diferentes puntos de vista y es el tema central del presente artículo.

## Ergonomía cognitiva versus psicología cognitiva

A lo largo de la historia de la ergonomía cognitiva la relación entre esta disciplina y la psicología cognitiva se ha descrito desde cuatro puntos de vista distintos (Kantowitz, 1982): (1) la psicología cognitiva aporta conocimiento a la ergonomía cognitiva, pero no al revés; (2) ambas disciplinas son independientes; (3) la ergonomía cognitiva aporta conocimiento a la psicología cognitiva, pero no al revés; y (4) ambas se influyen y ayudan mutuamente. Aunque existen ejemplos que apoyan los cuatro tipos de relaciones, las más extendidas son las que consideran una relación unilateral entre ambas disciplinas (1 y 3).

Las aproximaciones (1) y (3) se han denominado visión «*top-down*» y «*bottom-up*» respectivamente (Zacks y Tversky, 2003). Por un lado, la visión «*top-down*» considera a la ergonomía cognitiva como ciencia del diseño de arte-

factos donde se aplican directamente los conocimientos derivados de las investigaciones de laboratorio de la psicología cognitiva (Simon, 1969; Norman, 1986). En este contexto, la psicología cognitiva aporta los conocimientos sobre los procesos cognitivos humanos, mientras que la ergonomía cognitiva aborda los problemas concretos de diseño que deben ser solucionados durante la creación de artefactos. Pero un problema de la aproximación «*top-down*» es que con frecuencia los conocimientos generados en la psicología cognitiva no son directamente aplicables al diseño de artefactos (Cañas, Salmerón y Fajardo, 2004). Esto se debe a varias causas. En primer lugar, las condiciones para que un modelo cognitivo sea aceptable en psicología cognitiva son muy diferentes de las condiciones necesarias para que ese modelo sea capaz de guiar el diseño de artefactos (Kirlik, 1995). En algunos casos los principios de la psicología cognitiva son demasiado generales para ser de utilidad en las decisiones de diseño (Carroll, 1991). Pero quizá más importante, se ha sugerido que la forma en la que el sistema cognitivo se comporta en una tarea de laboratorio (e.g. una tarea de memoria auditiva con listas de palabras) puede que no se corresponda exactamente con el modo en el que éste ejecuta una tarea aparentemente similar en un entorno de trabajo real (e.g. utilización de un menú auditivo para realizar una tarea administrativa) (Huguenard, Lerch, Richard, Pat y Kass, 1997).

En respuesta a este problema se ha planteado la visión «*bottom-up*», que considera que la ergonomía cognitiva debe trabajar directamente a partir del estudio de los problemas de diseño reales, sin considerar previamente el conocimiento generado desde la psicología cognitiva (Landauer, 1987, 1991). Así, a partir del análisis de la tarea, el ergónomo cognitivo varía componentes del artefacto relevantes para su uso y evalúa su efectividad de forma iterativa mediante simulaciones o experimentos controlados. Mediante este proceso, la visión «*bottom-up*» considera que el ergónomo cognitivo puede generar su propio corpus de conocimiento sobre el funcionamiento del sistema cognitivo humano. En su visión más extrema, se afirma que la ergonomía cognitiva es la disciplina más adecuada para el estudio del sistema cognitivo, puesto que trabaja con problemas complejos y reales, y no con tareas simples de laboratorio. En referencia a la posibilidad de estudiar el sistema cognitivo bien en el laboratorio o bien en entornos de diseño reales, uno de los defensores de esta aproximación afirma: «dado que la mente humana es extraordinariamente flexible, con múltiples objetivos, y que puede ejecutar una amplia variedad de tareas cada una de diversas maneras, ¿qué tarea escogerá el científico que quiera estudiar la mente en su estado 'real'?» (Landauer, 1987; p. 19).

Por lo tanto, podríamos decir que mientras que la visión «*top-down*» considera a la ergonomía cognitiva como disciplina aplicada de la psicología cognitiva, la orientación «*bottom-up*» sostiene que la ergonomía cognitiva es una disciplina paralela a la psicología cognitiva que puede generar conocimiento válido sobre el sistema cognitivo humano. Sin embargo, ambas visiones parecen inapropiadas, sobre todo en sus versiones más extremas. Por una parte, si bien es cierto que considerar que todo el conocimiento generado desde la psicología cognitiva es inválido para el diseño de artefactos es una visión extrema e incorrecta, no es menos cierto que la ergonomía cognitiva puede generar conoci-

miento por sí misma (diSessa, 1991). Pero un problema con el que se encuentra la ergonomía cognitiva es el hecho de que en general los psicólogos cognitivos no conocen tanto las aportaciones de la ergonomía cognitiva al estudio del sistema cognitivo como el modo en el que esta disciplina genera conocimiento. Por otra parte, aunque desde la psicología general, y desde la psicología cognitiva en particular, la aproximación dominante ha sido la aproximación «*top-down*», esta visión ha sido duramente criticada desde la propia psicología cognitiva hace más de tres décadas como «el mito del flujo unidireccional» (Garner, 1972). Por ejemplo, Kantowitz (1982) caricaturiza esta visión como sigue: «De alguna forma casi mágica, el tecnólogo rebusca en la bolsa 'de las cosas buenas' disponible gracias a la cortesía del investigador básico, encuentra el principio apropiado, agradece al dios de la Ciencia, y resuelve el problema entre manos» (p. 39).

Por todo ello, actualmente se considera que una relación de mutua influencia entre ambas disciplinas puede considerarse como la más realista (relación 4 de Kantowitz, 1982). Sin embargo, para defender esta postura es necesario, sobre todo, describir lo que de verdad tiene la visión «*bottom-up*» por ser la menos familiar para los psicólogos cognitivos. Para ello, se pueden considerar aportaciones clásicas en forma de avances en psicología cognitiva que han surgido a partir de problemas aplicados y que pueden consultarse en el propio Garner (1972). En el presente trabajo se exponen dos trabajos para justificar la visión «*bottom-up*» y para mostrar cómo es posible la generación de conocimiento desde la ergonomía cognitiva en relación a su modo de trabajo. Ambos ejemplos han sido tomados de trabajos existentes en la literatura cognitiva actual.

## Ergonomía cognitiva como ciencia generadora de conocimiento

El objetivo principal del ergónomo cognitivo consiste en el diseño de tecnología, analizando la interacción de una persona y un artefacto cognitivo. Siendo así, durante el proceso de elaboración de esta tecnología es posible generar nuevo conocimiento sobre el funcionamiento cognitivo que más tarde se puede desarrollar en el marco de la psicología cognitiva. El trabajo de un ergónomo cognitivo comienza con el planteamiento de un problema de diseño para el que no se encuentra conocimiento pertinente en la literatura cognitiva. En estos casos el ergónomo cognitivo debe poner a prueba diferentes soluciones de diseño de modo iterativo hasta encontrar un diseño eficiente. A partir del análisis de la efectividad de los distintos diseños es posible inducir hipótesis sobre el funcionamiento cognitivo en esa tarea particular, que más tarde pueden ser exploradas en experimentos controlados. También puede ocurrir que las soluciones de diseño se propongan directamente a partir de hipótesis sobre el funcionamiento del sistema cognitivo, por lo que la evaluación de la efectividad de los diseños se podría considerar como un experimento en sí mismo.

Dos trabajos de la literatura cognitiva pueden ejemplificar el alcance de esta propuesta. En ambos casos el trabajo iniciado a partir de un problema apli-

cado condujo al desarrollo de teorías cognitivas avaladas por la comunidad científica (ambas fueron publicadas en la revista *Psychological Review*).

El primer ejemplo corresponde al trabajo de Lansdale y su grupo (Lansdale, 1998; Lansdale y Cote, 1999; Lansdale, Scrivener y Woodcock, 1996). Los autores estaban interesados en el desarrollo de guías de diseño para la elaboración de bases de datos pictóricas. Este tipo de sistemas son utilizados en diferentes ámbitos donde es necesario el archivo y consulta de material pictórico que no puede ser descrito fácilmente con palabras, por ejemplo en museos (cuadros, esculturas) o en hospitales (radiografías). Con frecuencia, los usuarios de estas bases de datos necesitan recordar la posición de un determinado elemento en la imagen para recuperar imágenes de características similares. Al analizar las posibles soluciones de diseño para este problema, los autores encontraron que las teorías de memoria espacial desarrolladas hasta el momento no eran adecuadas para explicar la interacción con las bases de datos pictóricas. Diseños realizados a partir de las teorías existentes mostraron no ser útiles para realizar la tarea. Por ese motivo los autores plantearon diferentes soluciones de diseño que fueron puestas a prueba mediante varios experimentos (Lansdale *et al.*, 1996; Lansdale y Cotes, 1999). A partir de los resultados obtenidos desarrollaron una teoría de recuerdo de memoria espacial. La teoría propone que la recuperación de una localización en una imagen se realiza a partir de un doble proceso de codificación: uno que produce un recuerdo de tipo absoluto (presencia o ausencia) basado en procesos de discriminación perceptiva, y un segundo de tipo relativo basado en un procesamiento más complejo de la información disponible (Lansdale, 1998). Los autores pudieron con esta teoría no sólo explicar los resultados previos en la literatura, sino que también demostraron que era útil para explicar la interacción del sistema cognitivo a la hora de utilizar bases de datos pictóricas.

Un segundo ejemplo sobre la generación de conocimiento desde la ergonomía cognitiva podemos encontrarlo en otro trabajo desarrollado por Landauer y colaboradores (Dumais, Furnas, Landauer y Deerwester, 1988; Landauer y Dumais, 1997). Los autores estaban interesados en el diseño de sistemas de recuperación de la información (e.g. sistemas hipertexto). Este tipo de sistemas permite el almacenamiento y presentación de múltiples documentos, cuyo acceso se realiza a partir de menús u otro tipo de dispositivos. Uno de los problemas planteados consistía en cómo etiquetar las categorías de los menús para facilitar la recuperación de información por parte de los usuarios. De nuevo, las teorías existentes sobre categorización resultaron ser demasiado generales como para aplicarlas al diseño de artefactos. Por ese motivo los autores utilizaron una aproximación pragmática que consistió en el uso de la técnica algebraica del Análisis Semántico Latente (LSA en sus siglas inglesas), un método utilizado previamente en las ciencias de la computación que permite realizar un análisis semántico de los contenidos de cada documento. Mediante este análisis es posible extraer la idea principal de grupos de documentos para ser utilizada como etiqueta para esa determinada categoría. Este método demostró ser útil para el diseño de sistemas de recuperación de la información, y diversos experimentos mostraron que las personas eran más eficientes usando este tipo de sistema que los utilizados previamente (Dumais *et al.*, 1988). A la luz de estos resultados, los

autores barajaron la posibilidad de que la técnica de LSA pudiera estar simulando el modo en que el sistema cognitivo organiza el conocimiento y aprende el significado de las palabras. El programa de investigación realizado a partir de esta hipótesis permitió a los autores elaborar una teoría cognitiva sobre la representación del conocimiento y la adquisición de vocabulario, basada en los mecanismos intrínsecos de la técnica del LSA (Landauer y Dumais, 1997).

Estos dos ejemplos, por tanto, muestran que al igual que la ergonomía cognitiva se beneficia de los descubrimientos que la psicología cognitiva hace sobre el funcionamiento y la estructura de los procesos cognitivos humanos, también es posible afirmar que el trabajo de los ergónomos cognitivos contribuye a nuestro conocimiento sobre estos procesos. De esta manera se pone de manifiesto que la ergonomía cognitiva no es sólo una disciplina aplicada sino también una ciencia generadora de conocimiento. En otras palabras, reconociendo las aportaciones al conocimiento cognitivo humano que se han hecho desde investigaciones del tipo «*bottom-up*», podemos defender el cuarto punto de vista propuesto por Kantowitz (1982) según el cual existe una influencia mutua entre ambas disciplinas.

Sin embargo, creemos que uno de los escollos principales para que este punto de vista se acepte y que esta influencia mutua se materialice a la hora del trabajo que es propio de las disciplinas del ergónomo cognitivo o del psicólogo cognitivo, es que no existe aún un marco conceptual que sirva como punto de encuentro entre el trabajo de ambos (Pollitzer y Edmons, 1996). Tal marco conceptual debe, en primer lugar, permitir analizar la interacción en sus diferentes aspectos para poder descubrir cuáles son los procesos cognitivos implicados en cada tarea. En segundo lugar, mediante él, el ergónomo cognitivo debe poder considerar cómo se pueden aplicar los conocimientos aportados por la psicología cognitiva y, a su vez, cómo sus descubrimientos pueden ser relevantes para avanzar en el conocimiento sobre los procesos cognitivos humanos. A su vez, el psicólogo cognitivo podría reconocer en él las aportaciones de la ergonomía y, sobre todo, la relación de éstas con las investigaciones básicas sobre los procesos cognitivos humanos. En este sentido, recientemente se están proponiendo avances en el establecimiento de este marco conceptual. En esta línea, en el siguiente apartado se describe un marco conceptual propuesto por Cañas y Waern (2001) que puede ser una aportación importante en este camino.

## Una propuesta de marco conceptual para el análisis de la interacción

Como venimos diciendo, el objetivo fundamental de la ergonomía cognitiva consiste en el análisis de la interacción de una persona y un artefacto cognitivo (es decir, aquellos artefactos para los que se requiere fundamentalmente trabajo cognitivo en oposición al trabajo físico, como a la hora de trabajar con un procesador de textos [Norman, 1991]). Esta interacción se realiza entre una persona y un artefacto, o entre una persona y otras personas a través de artefactos y puede describirse a varios niveles. Cañas y Waern (2001) han propuesto un

marco de referencia que parte del supuesto de que el sistema cognitivo humano y el artefacto interactúan para llevar a cabo conjuntamente el trabajo cognitivo (cognitivo en el sentido de que implica procesamiento de la información). Este trabajo cognitivo puede describirse a varios niveles que permiten descubrir la distribución de funciones cognitivas entre el ser humano y el artefacto. Los niveles de análisis propuestos son el sensorio-motor, percepción individual, procesamiento de la información compleja, cooperación y socio-cultural.

En el nivel sensorio-motor la interacción se describe no sólo desde el punto de vista de las características de los sistemas sensoriales y motores del ser humano, sino de forma global desde el punto de vista de los sistemas sensoriales y efectores del sistema cognitivo conjunto formado por el ser humano y el artefacto. Para que pueda haber interacción es necesario que la salida del artefacto, sea ésta visual, auditiva o de cualquier otro tipo, sea captada por los receptores sensoriales humanos. De la misma manera, la respuesta humana será normalmente una respuesta motora u oral (mediante producción de sonidos o habla) y es necesario que el artefacto disponga de los sistemas de entrada necesarios para recogerla de la forma apropiada. Los temas que a la ergonomía cognitiva le interesan en este nivel son muy diversos. Por ejemplo, éste es el nivel donde se consideran cuestiones como el uso del color en las pantallas de los ordenadores, los umbrales absolutos (valores de magnitud mínima del estímulo para ser detectado), los umbrales diferenciales (diferencia mínima entre dos estímulos que es posible detectar) o el diseño de ratones y teclados. Sin embargo, hay otras aplicaciones actualmente que son de un enorme interés y que pertenecen a este nivel de análisis. Uno de estos ejemplos es la «Realidad Virtual», donde a las personas se les proporciona una experiencia tridimensional del mundo y donde al menos algunas acciones motoras son permitidas para cambiar la experiencia del mundo. Por ejemplo, el sonido es una característica natural de los impactos mecánicos que experimentamos durante la interacción con objetos en nuestra vida diaria. Es por ello por lo que existe un interés creciente en investigar si es beneficioso añadir sonidos a las interfaces táctiles (Doel y Pai, 1998) o simular sonidos para los movimientos producidos en interacciones virtuales (Lederman, Klatzky, Morgan, y Hamilton, 2002; Lederman, Martin, Tong, y Klatzky, 2003).

El segundo nivel corresponde al nivel perceptivo. Este puede distinguirse del nivel sensorio-motor por el resultado del trabajo realizado por los procesos humanos y el artefacto, ya que este último se refiere a la experiencia generada por estímulos aislados simples en los órganos sensoriales humanos o en los sensores del artefacto, mientras que en el nivel de percepción se refiere a la interpretación de esas experiencias, dándoles significado y organización e implica, en el caso del ser humano, no sólo los órganos sensoriales sino también la participación de los procesos de nuestro sistema cognitivo (atención, memoria, aprendizaje...).

En este nivel podemos comenzar hablando de procesamiento de información simbólico. Los aspectos de los artefactos que son importantes en este nivel se relacionan con su rendimiento. Los aspectos cognitivos humanos hacen referencia a cómo los objetos presentados por el artefacto (sobre la pantalla por ejemplo) son percibidos por el usuario. Por ejemplo, es importante saber si los

objetos indican la acción pertinente de una manera unívoca, y cuáles son las interpretaciones que los objetos «sugieren» (Gibson, 1979; Norman, 1986). Gran parte del trabajo en ergonomía cognitiva ha sido desarrollado en el nivel perceptivo de la cognición. Por ejemplo, cuando estamos estudiando cómo la gente comprende los ítems de un menú, sean verbales, representados como iconos o contestando preguntas con respecto a cuánta información puede incluirse en la pantalla, nos encontramos en este nivel. La atención necesaria para realizar una tarea así como la sobrecarga de información son aspectos también que pueden ser considerados en este nivel.

Los temas tratados en ambos niveles, el perceptivo y sensorio-motor, son importantes cuando los usuarios trabajan con interfaces de gráficos (GUIs o Interfaces Gráficas de Usuario). Cuando se trabaja con una interfaz gráfica se deberían usar idealmente acciones «naturales», en el nivel sensorio-motor, sin requerir la percepción consciente de los objetos que son manejados. Sin embargo, un nivel único raramente es suficiente para tratar un artefacto complejo, como los GUIs, que requieren también búsquedas perceptivas (búsqueda de un ítem del menú), o búsquedas conceptuales (ítems ocultos o de menús que presentan sólo un subconjunto de ítems). En el caso de los artefactos, también existe este proceso de interpretación, que puede verse en cómo éste entiende una pregunta en un sistema de búsqueda en una base de datos informatizada.

En el siguiente nivel nos encontramos los temas que conciernen al procesamiento de información compleja individual. Los artefactos que son relevantes en este nivel son, por ejemplo, los sistemas basados en conocimiento, y los de apoyo para la toma de decisiones y la solución de problemas en tareas complejas y dinámicas. De esto modo, los nuevos temas que son de interés en este nivel hacen referencia al conocimiento consciente de una persona, sus "modelos mentales" del problema, el artefacto o la situación. Por ejemplo, es importante saber cómo se debe presentar el modelo conceptual de un sistema complejo como es el ordenador para que el usuario pueda formar un modelo mental correspondiente que le permita trabajar correctamente con él (Cañas, Bajo y Gonzalvo, 1994) o qué variables pueden interferir con la adquisición y mantenimiento por parte de un conductor de la conciencia de la situación del vehículo y la tarea dinámica de conducción. El constructo de conciencia de la situación (Endsley, 1991) implica la interacción de varios procesos como la atención, la percepción y la memoria, y sería un buen ejemplo de cómo la ergonomía cognitiva necesita generar nuevos constructos que expliquen y predigan la conducta en situaciones complejas y dinámicas como la conducción de vehículos. Por otro lado, para tomar decisiones y solucionar problemas las personas desarrollan «heurísticos», es decir, estrategias de procesamiento de información que les permitan solucionar problemas eficientemente (Newell y Simon, 1972). La ergonomía cognitiva estudia cómo las personas pueden comprender los conceptos y los principios usados en los sistemas de apoyo, resolver un problema o elaborar una decisión. Por ejemplo, los heurísticos de búsqueda usados por el ordenador pueden ser diferentes de los usados por el usuario humano. Es posible preguntarse, entonces, si será necesario que el artefacto sea transparente, es decir que el usuario humano sea capaz de comprender los heurísticos de búsqueda que utiliza, o bien que sea suficiente que

desempeñe correctamente algunos algoritmos transparentes (Waern y Hägglund, 1997). Por último, a este nivel también se estudian los efectos del procesamiento de información compleja operacionalizados en constructos como carga mental (e.g. Wickens, 1992) o errores humanos (e.g. Reason, 1990).

El abordaje de los dos restantes niveles de interacción (cooperación y socio-cultural) del marco de Cañas y Waern (2001), aunque también implican el análisis de factores cognitivos como la conciencia de la situación distribuida en un equipo de trabajo, queda fuera de los márgenes del presente documento, si bien recomendamos los trabajos de Paris, Salas, Cannon-Bowers (1999), Stanney, Maxey y Salvendy (1997) o Hendrick (1997) para un acercamiento al análisis de estos niveles.

## Conclusiones

Como puede verse en el marco conceptual que hemos descrito en el apartado anterior, existen varios niveles donde puede establecerse la relación entre la ergonomía y psicología cognitivas en términos de mutua influencia (relación 4 de Kantowitz, 1982). Concretamente, es evidente que ambas disciplinas pueden generar conocimiento sobre el sistema cognitivo que puede influir sobre el desarrollo de la otra disciplina. El modo de proceder de cada una de las disciplinas ofrece puntos fuertes diferentes para el estudio del sistema cognitivo, lo que hace atractiva una relación fluida entre ambas. El conocimiento generado por la psicología cognitiva en la investigación de laboratorio puede ser válido para comprender cómo el sistema cognitivo humano interactúa con el artefacto durante la tarea cognitiva que realizan conjuntamente. Pero al mismo tiempo, la ergonomía cognitiva puede descubrir aspectos importantes del sistema cognitivo humano en su labor para describir la interacción con los artefactos.

Sin embargo, es necesario mencionar que también existen diversos aspectos que impiden un fructífero encuentro entre ambas disciplinas y que es necesario que sean abordados tanto por los psicólogos cognitivos como por los ergónomos cognitivos para que esta relación lleve a un verdadero avance científico. Por ejemplo, en cada disciplina existen diferencias en cuanto a la presión de tiempo para encontrar resultados. La investigación teórica llevada a cabo por los psicólogos cognitivos necesita cierto tiempo para desarrollar modelos, mientras que el trabajo aplicado de los ergónomos cognitivos requiere una solución en plazos de tiempos muy cortos. Otros hechos que dificultarían este encuentro entre disciplinas serían los problemas de comunicación entre las diferentes áreas (universidad frente a industria), la financiación de proyectos de investigación (Kantowitz, 1982), o los umbrales de control experimental que cada disciplina alcanza (en ambientes complejos es impracticable tener bajo control todas las variables implicadas, lo que para la psicología cognitiva supondría no seguir rigurosamente los principios del método empírico y, por tanto, la imposibilidad de establecer leyes universales, objetivo de cualquier ciencia). Así, mientras que un encuentro entre ambas disciplinas constituye una opción alentadora para el de-

sarrollo de la investigación sobre el sistema cognitivo, las características propias de ambas disciplinas limitan esta posibilidad.

Una forma de abordar estas limitaciones puede ser buscar lugares de encuentro que permitan ayudar a estrechar la relación entre disciplinas. En la sociedad actual existen nuevas tecnologías que para su completo desarrollo requieren ser analizadas desde el punto de vista cognitivo. Por ejemplo, los sistemas hipertexto son sistemas de almacenamiento de documentos electrónicos que permiten acceder a información de forma más versátil que mediante el libro tradicional. En la medida en que estos sistemas son utilizados para la adquisición de conocimiento, es necesario conocer cómo el sistema cognitivo funciona en este medio para adecuar el diseño de los mismos (Baccino y Colombi, 2001). Por tanto, para el desarrollo de estos sistemas es necesario tanto el desarrollo de la tecnología (ordenadores personales, Internet) como de la investigación cognitiva (procesos de comprensión, procesos de memoria). Desafortunadamente, el desarrollo de los sistemas hipertexto se ha realizado hasta la fecha sin una colaboración fructífera entre la ergonomía y la psicología cognitiva. Mientras que la primera se ha dedicado fundamentalmente al desarrollo de investigación desligada de modelos teóricos, lo que dificulta la generalización de resultados, la segunda ha seguido estudiando los procesos de comprensión en sistemas tradicionales (textos lineales), en la opinión errónea de que los resultados se podrían aplicar directamente a los sistemas hipertexto (Dillon y Gabbard, 1998; Unz y Hesse, 1999). El inicio de programas de investigación sobre procesos de comprensión en sistemas hipertexto puede ser una oportunidad excelente para acercar planteamientos experimentales, metodologías y visiones teóricas que han sido propias de cada una de las disciplinas y que pueden confluír ante este problema concreto.

## REFERENCIAS

- Baccino, T. & Colombi, T. (2001). L'analyse des mouvements des yeux sur le web. En A. VomHofe (Ed.), *Les interactions homme-système: perspectives et recherches psycho-ergonomiques* (pp. 127-148). Paris: Hermès.
- Cañas, J. J., Bajo, M. T. & Gonzalvo, P. (1994). Mental models and computer programming. *International Journal of Human-Computer Studies*, 40, 795-811.
- Cañas, J. J., Salmerón, L. & Fajardo, I. (En prensa). Toward the analysis of the interaction in the joint cognitive system. En A. Pirhonen, H. Isomäki, C. Roast & P. Saariluoma (Eds.), *Future interaction design*. London: Springer-Verlag.
- Cañas, J. y Wærn, Y. (2001). *Ergonomía cognitiva. Aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Carroll, J. M. (1991). The kittle house manifesto. En J. M. Carroll (Ed.), *Designing interaction: Psychology at the human-computer interface* (pp. 1-16). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Dillon, A. & Gabbard, R. (1998). Hypermedia as an educational technology: A review of the quantitative research literature on learner comprehension, control, and style. *Review of Educational Research*, 68, 322-349.
- diSessa, A. A. (1991). Local sciences: viewing the design of human-computer systems as cognitive science. En J. M. Carroll (Ed.), *Designing interaction: Psychology at the human-computer interface* (pp. 162-202). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Doel, van den, K. & Pai, D. K. (1998). The sounds of physical shape. *Presence*, 7 (4), 382-395. CA, 151-158.

- Dumais, S. T., Furnas, G. W., Landauer, T. K. & Deerwester, S. (1988). Using latent semantic analysis to improve information retrieval. En *Proceedings de CHI'88: Conference on Human Factors in Computing*, New York: ACM, 281-285.
- Endsley, M. R. (1991). Situation awareness in dynamic systems. En Y. Queinnee & F. Daniellou (Eds.), *Designing for Everyone* (pp. 801-803). London: Taylor and Francis.
- Garner, W. R. (1972). The acquisition and application of knowledge: A symbiotic relationship. *American Psychologist*, 27, 941-946.
- Gibson, J. J. (1977). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Hendrick, H. (1997). Organizational design and macroergonomics. En G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (pp. 594-636). New York: Wiley-Interscience.
- Huguenard, B. R., Lerch, F. J., Junker, B. W., Patz, R. J. & Kass, R. E. (1997). Working-Memory Failure in Phone-Based Interaction. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 4, 67-102.
- Kantowitz, B. H. (1982). Interfacing human information processing and engineering psychology. En W. C. Howell & E. A. Fleishman (Eds.), *Human performance and productivity (Vol. 2): Information processing and decision making*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kirlik, A. (1995). Requirements for psychological models to support design: Toward ecological task analysis. En J. M. Flach & P. A. Hancock (Eds.), *Global perspectives on the ecology of human-machine systems, Vol. 1* (pp. 68-120). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Landauer, T. K. (1987). Relations between cognitive psychology and computer system design. En J. M. Carroll (Ed.), *Interfacing thought. Cognitive aspects of human-computer interaction* (pp. 1-25). Cambridge: MIT Press.
- Landauer, T. K. (1991). Let's get real: A position paper on the role of cognitive psychology in the design of humanly useful and usable systems. En J. M. Carroll (Ed.), *Designing interaction: Psychology at the human-computer interface* (pp. 60-73). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Landauer, T. K. & Dumais, S. T. (1997). A solution to plato's problem: The latent semantic analysis theory of acquisition, induction and representation of knowledge. *Psychological Review*, 104, 211-240.
- Lansdale, M. (1998). Modeling memory for absolute location. *Psychological Review*, 105, 351-378.
- Lansdale, M. & Cotes, E. (1999). Analysing uncertainty in location memory: Issues in the design of spatial database systems. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 237-256.
- Lansdale, M., Scrivener, S. & Woodcock, A. (1996). Developing practice with theory in HCI: Applying models of spatial cognition for the design of pictorial databases. *International Journal of Human-Computer Studies*, 44, 777-799.
- Lederman, S. J., Klatzky, R. L., Morgan, T. & Hamilton, C. (2002). Integrated multimodal information about surface texture via a probe: relative contributions of haptic and touch-produced sound sources. *Proceedings, Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, Orlando, FL*, 97-104.
- Lederman, S. J., Martin, A. M., Tong, C. & Klatzky, R. L. (2003). Relative performance using haptic and/or touch-produced auditory cues in a remote absolute texture identification task. *Proceedings, Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems Teleoperator Systems, Los Angeles, CA*, 151-158.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering. En D. A. Norman & S. W. Draper (Eds.), *User Centred System Design* (pp. 32-65). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Norman, D. A. (1991). Cognitive Artifacts. En J. M. Carroll (Ed.), *Designing interactions: psychology at the human-computer interactions* (pp. 17-38). New York: Cambridge University Press.
- Paris, C. R., Salas, E. & Cannon-Bowers, A. (1999). Human Performance in Multi-Operator Systems. En P. A. Hancock (Ed.), *Human Performance and Ergonomics* (pp. 329-386). San Diego, CA: Academic Press.
- Pollitzer, E. & Edmonds, E. (1996). Editorial: the evolving partnership between cognitive science and HCI. *International Journal of Human-Computer Studies*, 44, 731-741.
- Reason, J. (1990). *Human error*. New York: Cambridge University Press.
- Roscoe, S. (1997). The adolescence of Engineering Psychology. En S. M. Casey (Ed.), *Human Factors History Monograph Series, vol 1*.
- Simon, H. (1969). *The Science of the Artificial*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Stanney, K. M., Maxey, J. L. & Salvendy, G. (1997). En G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (pp. 637-656). New York: Wiley-Interscience.
- Unz, D. C. & Hesse, F. W. (1999). The use of hypertext for learning. *Journal of Educational Computing Research*, 20, 279-295.
- Wærm, Y. y Hägglund, S. (1997). User aspects of knowledge base systems. En M. G. Helander, T. K. Landauer & P. Prabhu (Eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction*, 2nd edition. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science.

- Wickens, C. D. (1992). *Engineering psychology and human performance*. New York: Harper Collins.
- Zacks, J. M. & Tversky, B. (2003). Structuring information interfaces for procedural learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9, 88-100.

