

RESUMEN

Dentro de los campos de interés actual en la ingeniería está la investigación en diseño, suscitada por la creciente presión de la sociedad que demanda productos, ya no solo que funcionen con fiabilidad, sino además, que marquen diferencias, es decir, que sean innovadores. Esto ha significado una redefinición del papel que juega el ingeniero en el desarrollo de productos, de tal manera que sus posibilidades de intervención van ahora más allá de garantizar una correcta determinación dimensional y geométrica del producto, una buena selección de sus materiales y una definición acertada del proceso de fabricación. Al ingeniero actual se le está demandando que sea, además de un buen «calculista», un proyectista «ingenioso», que proponga soluciones nuevas, realizables y útiles. En otras palabras, que sea creativo.

Se puede afirmar la existencia de consenso entre los investigadores, alrededor de las tres fases del proceso de diseño de productos: la definición del problema, la generación de conceptos para su solución y desarrollo de la mejor alternativa. Y, aunque se reconoce que la generación de ideas es una actividad común en las tres fases, es en la «síntesis» o etapa divergente (como se denomina a la segunda fase mencionada), donde se suele dar la máxima expresión de creatividad del ingeniero de diseño.

De esta manera se define el tema alrededor del cual gira la presente investigación: «la creatividad en la fase conceptual del diseño de productos» y su orientación es hacia la aplicación del ordenador como herramienta de asistencia al ingeniero de diseño. Es importante señalar que aquí se adopta la posición de que el ordenador debe ser visto solamente como un instrumento de apoyo al ingeniero y no como un ente creativo por sí mismo. Esta percepción es denominada por Wang (2002, p.983): «creatividad en diseño con enfoque humano».

Es claro, por lo dicho, que la hipótesis fundamental de esta investigación es la afirmación de la posibilidad de asistir al ingeniero de diseño en la etapa de generación de ideas conceptuales durante el proceso de desarrollo de productos, mediante el uso de «software creativo», entendido, como aquel que implementa técnicas, metodologías y herramientas de la creatividad.

La valoración objetiva de ese tipo de software puede lograrse mediante la adopción o la generación de un modelo adecuado para tal propósito. Esta es la segunda hipótesis. La tercera, afirma que la estructura que debe tener un programa de ese tipo, debe incluir tres tipos de componentes: uno que estimule la generación y organización de ideas, otro que

contenga bases de datos de conocimiento y, finalmente, un diseño adecuado de la interfaz.

La cuarta hipótesis sustenta que la definición de las características particulares de cada uno de aquellos componentes, se puede obtener mediante evaluaciones experimentales, contrastadas con el conocimiento, la práctica, la experiencia y los métodos de trabajo de ingenieros de diseño.

El objetivo principal de esta tesis es obtener la estructura de un software para asistir al ingeniero de diseño durante el proceso de generación de ideas creativas en la fase de conceptualización de nuevos productos. Para lograrlo se requiere, por un lado, una respuesta a la duda sobre la utilidad que tienen los programas ofrecidos actualmente para esa tarea, por otro, un método de evaluación adecuado, en tercer lugar, las características que más influyen en el ingeniero de diseño durante el desarrollo de conceptos de solución y, finalmente, las técnicas que demuestren ser más eficaces para estimular ideas creativas.

La metodología necesaria para lograr aquellos objetivos se centra en el desarrollo de un trabajo experimental, previa revisión detallada de resultados de investigaciones anteriores y previa definición del modelo de valoración.

La revisión de la literatura científica realizada, cubre en esencia cuatro temas: la ingeniería del diseño, la creatividad técnica, el papel de la informática en diseño y creatividad, y los modelos para representar y valorar estos dos procesos.

- En el primero, se parte de precisar el concepto de diseño adoptado en esta investigación: aquel que lo considera como el conjunto de actividades que conduce al desarrollo de una idea de producto; en lugar de aceptar la definición parcial que lo limita al significado formal o adjetivado del producto. A partir de allí, se hizo una revisión de los métodos y modelos que se han propuesto para estudiarlo, agrupándolos en cuatro tipos: descriptivos, prescriptivos, cognitivos y computaciones. La argumentación de la importancia de la fase de conceptualización, también ocupa la atención en esta revisión, al igual que la descripción de las herramientas o técnicas de diseño que están siendo utilizadas actualmente: QFD, AMFE, análisis funcional, DfX, etc. Este primer tema, cubierto en el Capítulo 2, termina con la descripción de varios grupos de investigación en diseño reconocidos a nivel mundial y de sus actuales líneas de desarrollo.

El segundo tema se inicia presentando la definición de creatividad técnica, como aquella que produce dos resultados complementarios: novedad y utilidad. A partir de allí, se presentan varios de los modelos que se han propuesto para describir el proceso creativo.

La descripción de los diferentes enfoques para el desarrollo de herramientas computacionales aplicadas al diseño creativo, ocupa parte importante del Capítulo 3. Allí se toca el tema de la inteligencia artificial como un campo prometedor para el diseño creativo, pero aún por madurar. Finalmente se presentan algunas técnicas de creatividad que son desarrolladas en el software que será sometido a evaluación experimental dentro de esta misma investigación.

- La revisión de las características de aquel software, así como del comúnmente conocido como CAD/CAM/CAE, es el objeto del tercer tema del estudio del estado del arte actual. La identificación de sus características y de las tendencias que se están siguiendo por parte de los principales desarrolladores de este tipo de software, permite ver que las críticas de Ullman (2002) en relación con su enfoque al diseño de piezas antes que al diseño de conjuntos, aún siguen siendo válidas. Por ello, se puede afirmar que la fase del análisis que caracteriza al diseño de detalle, sigue siendo privilegiada con respecto a la fase de síntesis o diseño conceptual.

En este mismo tercer tema, también se presentan los resultados de un estudio preliminar sobre los tipos y las características del software creativo actualmente disponible. La revisión de más de cincuenta programas permite tener un panorama claro sobre lo que existe y lo que no, llegando a la conclusión de que ninguno reúne todas las características deseables para este tipo de programas, sugeridas por Kletke (2001). De aquellos, se hace una selección de cuatro programas representativos que desarrollan metodologías como brainstorming, sinéctica, mapas mentales y TRIZ; cada uno con varias técnicas de estímulo a la creatividad, mediante asociación, exploración y transformación de conceptos.

- El cuarto tema revisado fue el de los modelos para valorar la creatividad y el proceso de diseño, con el objetivo de seleccionar aquellos que fuesen los más convenientes para aplicarlos en el estudio experimental. Estos modelos se clasifican en tres dimensiones diferentes: la persona, el proceso y el producto. Para el primer caso se seleccionó el test CREA (Corbalán, 2003), teniendo en cuenta que, por sus características, se adecuaba más a las condiciones particulares de este estudio, específicamente, por el hecho de que su validación se hubiese realizado con personas iberoamericanas, y no con anglosajones, como ocurre con todas los demás pruebas disponibles. Para la valoración de la creatividad del proceso de diseño se estudiaron cuatro diferentes aproximaciones: la de Wang y Xiao (2001), que se sustenta en el mecanismo caótico del pensamiento del diseñador; la de Buglione y Abran (2001), orientada a la medición de la creatividad «corporativa»; la de Tang y Gero (2002) que desarrolla el modelo Genoplore (Finke, Ward y Smith, 1992) para medir la creatividad potencial del diseño con una perspectiva

cognitiva; y la de Redelinghuys (1997) que tiene un enfoque de calidad creativa en el desarrollo de productos.

Para construir el modelo propio para medir la creatividad durante el proceso de desarrollo de productos, se tuvo en cuenta la necesidad de una métrica adecuada para cuantificar en forma objetiva las ideas intermedias y no solo la final. Para ello, utilizando los criterios propuestos por Shah (2003), se definieron cuatro índices útiles para cuantificar las características de la creatividad: flexibilidad, fluidez, elaboración y originalidad. Con esos datos se construyen gráficas indicadoras del proceso que facilitan la comparación entre casos, de las siguientes variables: tiempos por actividad y por módulo de software, número total de ideas, flujo de ideas por unidad de tiempo, origen de ideas, índices de creatividad y trayectoria creativa. De esta manera, el modelo desarrollado permite un análisis exhaustivo del proceso.

Para la fase experimental se utiliza el método de estudio de protocolo, aunque se hacen algunas modificaciones para adecuarlo a las condiciones de evaluación sugeridas por un estudio exploratorio realizado preliminarmente. Así, se decide capturar la secuencia de acciones del diseñador en el ordenador, utilizando un software que funcionando paralelamente, las graba. De esta manera se obtiene el protocolo seguido por el participante a partir de cuatro fuentes diferentes: vídeo de la sesión, dibujos realizados sobre papel, archivo generado en el software evaluado y secuencia grabada con el software de captura de pantallas.

El factor de diseño experimental es el tipo de software, con cinco niveles diferentes (los cuatro programas y un testigo sin programa). Se realizaron cuatro repeticiones por cada nivel, para un total de 20 pruebas, y se asumió un error tipo I del 5%. Cada sesión tuvo una duración de dos horas, con un receso intermedio de 10 minutos y los participantes fueron ingenieros y diseñadores, estudiantes de doctorado de la Universidad Politécnica de Cataluña.

Los resultados obtenidos y su respectivo análisis mediante la aplicación del modelo desarrollado, han permitido identificar las características relevantes de cada programa evaluado, que influyeron sobre los participantes y, obviamente, en los resultados logrados. Algunos demostraron ser muy fáciles de aprender dada su configuración, las técnicas que implementan y el diseño de su interfase. Otros, en cambio, requieren mucho más tiempo para lograr manejarlos con solvencia, lo cual causó desconcierto en algunos participantes. Algunos distraen mucho al usuario con actividades de edición que no aportan nada a la solución, otros facilitan la generación rápida de ideas. Pero en general, se puede afirmar que el software creativo sí propicia la generación de ideas mediante asociaciones, en algunos casos, transformaciones en otros y exploraciones en otros. En

el grupo testigo, o sea aquel que no utilizo software, aunque la cantidad de ideas no fue muy diferente que en los anteriores, se puede decir que la aparición de ideas se supedita a las experiencias y al conocimiento que posea el ingeniero.

Como desventaja del uso del software se puede decir que demanda mucha atención del usuario, lo cual se nota principalmente al inicio de la sesión, cuando el flujo de ideas es comparativamente bajo con respecto al trabajo sin software. Sin embargo, posteriormente tal limitación desaparece y las ideas fluyen con mayor estabilidad. También se puede decir que el uso de software, por ser de carácter genérico, es decir, por no tener una orientación específicamente técnica (con excepción del TRIZ), requiere de algún medio para catalizar o traducir aquellos estímulos al problema que se quiere resolver. Por ello, fue muy frecuente la necesidad de manipular objetos buscando una interpretación adecuada de sus ideas.

Una diferencia notable entre el uso y no uso de software creativo, fue la flexibilidad exhibida para explorar el espacio de diseño. El trabajo convencional, sin software, se centró en unos pocos principios físicos, mientras que con el software se estimuló la exploración más amplia de posibilidades.

Con la identificación de todas estas características, se desarrolló la propuesta de estructura de un nuevo software, orientado específicamente a asistir al ingeniero de diseño en la fase de conceptualización de nuevos productos. Tal propuesta, presentada como resultado tangible de esta investigación en forma de «maqueta», se sustenta, en primer lugar, en el modelo FBS (Umeda, 1990) para construir el proceso evolutivo del diseño, centrado en la «función» con sus tres roles en diseño: medio de modelación de los requerimientos del cliente, medio de articulación entre los requerimientos y el objeto, e instrumento de evaluación del valor del objeto diseñado. En segundo lugar, en la forma de representación del modelo de evolución funcional propuesto por Takeda (1996), con un cuerpo de función, modificadores funcionales y estructuras de solución. Y, en tercer lugar, en el estímulo al desarrollo cíclico de etapas divergentes y convergentes, tratando de seguir la descripción de Liu et. al. (2003).

A partir de esta estructura básica, se articulan dos tipos de herramientas de asistencia al proceso de diseño: técnicas de creatividad y bases de datos de conocimiento. Las técnicas creativas propuestas se corresponden con aquellas identificadas por el estudio experimental como las más eficientes, tanto por el flujo de ideas, como por las preferencias de los diseñadores, evidenciadas por la intensidad de utilización. Destacan entre ellas, las siguientes: figuras y palabras aleatorias, mapas mentales, juegos de rol y manejo de contradicciones. Mientras que las bases de datos, buscan servir de extensión a la memoria del diseñador, de tal manera que disponga siempre de fuentes adecuadas

para traducir o procesar, las ideas generadas con las técnicas de creatividad, convirtiéndolas en ideas útiles para solucionar el problema de diseño. En concreto, se proponen bases de datos para la identificación y caracterización de recursos del sistema, acceso a bases de datos de patentes y de funciones, una que facilite la captura y almacenamiento de información de la competencia y de proveedores (para hacer benchmarking secundario) y un banco de ideas propias, que sirva de memoria técnica empresarial, al recoger las propuestas que día a día se desarrollen en la solución de problemas con la asistencia del software.

Se concluye esta investigación, afirmando el cumplimiento de los objetivos planteados y la verificación de las hipótesis de partida.