

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

Esta investigación está motivada por el interés en lograr una mejor comprensión del papel que desempeña la creatividad dentro del proceso de desarrollo de nuevos productos y, en particular, en la etapa de conceptualización. A partir de allí, interesa poder determinar el uso potencial del ordenador como herramienta de asistencia al ingeniero de diseño en esas fases iniciales del proceso, teniendo como premisa de partida la realidad de una oferta actual de aplicaciones informáticas casi exclusivamente orientada a ofrecer asistencia en las etapas posteriores a la conceptualización, como son la determinación geométrica y dimensional de piezas, el diseño de ensamblajes, la elaboración de listas de materiales, el análisis de esfuerzos y deformaciones de elementos y, en general, todas aquellas etapas que conforman lo que comúnmente se denomina diseño de detalle.

En la ingeniería del diseño se suele identificar tres campos principales de interés: la educación, la práctica y la investigación. Evidentemente, el campo objetivo central que aquí se desarrollará tiene que ver con la investigación en diseño, pero manteniendo siempre en mente que los resultados deberán estar orientados a la práctica. Se hace esta precisión por dos razones. Primero debido al reconocimiento cada vez más evidente a nivel empresarial, principalmente en las pequeñas y medianas empresas, de la importancia que la ingeniería de diseño como factor diferenciador y potenciador de la innovación tecnológica, incluso por encima de la investigación básica interna (CORDIS, 2002). En segundo lugar, debido a la realidad comentada por Horvath (2000), de que no obstante los avances académicos logrados en la comprensión de la creatividad y su papel en el diseño, la industria continua utilizando metodologías intuitivas, de prueba-error o adoptando soluciones evidentes y con nivel de creatividad bajo, para abordar la conceptualización de nuevos productos, debido entre otros factores, a la tendencia de la academia de introducir modelos abstractos y técnicas altamente especializadas que buscan la automatización, mientras la industria precisa modelos con bajo nivel de abstracción y un nivel de uso intensivo del conocimiento.

Por aquellas razones, no se pretende con esta investigación caer en el campo de la especulación sobre la creatividad, sino más bien, tomar como punto de partida el hecho de que aunque el concepto de creatividad se encuentra en proceso de construcción y de definición, no existe impedimento para que se explore la utilidad que puedan llegar a tener algunas de las herramientas que se proponen para aplicarla en la práctica; de manera que los propios resultados que se logren, contribuirán al proceso de aclaración

del alcance que puede esperarse de la creatividad en el desarrollo de productos innovadores.

La revisión de la literatura sobre los modelos que se han propuesto para representar el proceso de diseño permite afirmar que existe consenso en la participación de tres fases principales: identificación y definición de la situación problemática a resolver, generación de conceptos de solución, y evaluación y selección de la alternativa a utilizar. La segunda fase mencionada, también se suele denominar «síntesis» o «etapa divergente» del proceso, en la que se explora el espacio de diseño en búsqueda de respuestas a la situación planteada. Aunque investigaciones realizadas demuestran que la generación de ideas es una actividad común en todas las fases del diseño, es en la síntesis donde se suele circunscribir la expresión máxima de creatividad del ingeniero de diseño.

De esta manera se puede definir el tema alrededor del cual gira la presente investigación: «la creatividad en la fase conceptual del diseño de productos». Evidentemente se trata de un tema complejo y muy amplio; conviene, por lo tanto, acotarlo un poco más. El marco que se escoge tiene que ver con la informática como instrumento que permite la aplicación de técnicas de creatividad en el proceso de diseño.

A este respecto existen tres posiciones reportadas en la literatura. La primera, señala la gran vulnerabilidad de los diseñadores que se apoyan en el ordenador como herramienta. Su argumento se centra en el riesgo de valorar equívocamente los resultados obtenidos, debido a un sentido de falsa seguridad que puede desarrollar el usuario al creer que el ordenador conduce *per se* a un buen diseño (Pugh, 1990).

La segunda posición sustenta todo lo contrario, es decir, que la informática puede alcanzar tal nivel de desarrollo que llegue a considerarse como creativa por sí misma (Boden, 1999; Van der Becke, 2000; López de Mantara, 2000). Respaldan tal afirmación en el crecimiento del conocimiento y dominio de la inteligencia artificial.

Entre estas dos se encuentra una posición sustentada en varias aproximaciones realizadas al tema de la aplicación de los ordenadores en la potenciación de la creatividad (MacCrimmon y Wagner, 1992; Edwards, 2000; Paniagua, 2001), que demuestran las posibilidades de aplicar la informática como herramienta que asista al usuario en actividades demandantes de creatividad. La conclusión de Paniagua (2001) recoge la inquietud que subyace a la presente investigación referente a la interconexión entre dos ramas de actividad humana, aparentemente dicotómicas, o al menos aparentemente opuestas, como son la creatividad (el pensamiento creativo) y la tecnología (pensamiento técnico y racional), indicando que no solo es posible tal interconexión, sino que es «totalmente aconsejable» (p.179).

En esta investigación se toma como punto de partida esta posición intermedia, es decir, se parte del supuesto básico de que el ordenador puede utilizarse como una herramienta de asistencia para el ingeniero de diseño en la fase de conceptualización o de síntesis de candidatos de soluciones, pero sigue siendo éste el protagonista del proceso. Esta posición es la que Wang (2002) denomina como la «creatividad en diseño con enfoque humano» (p.983).

La revisión realizada a la oferta comercial de software con aquel enfoque, desvela la existencia de más de cincuenta programas que incorporan diferentes técnicas de creatividad (Chaur, 2002). Sin embargo las pocas valoraciones reportadas de este tipo de software han empleado solamente una visión filosófica que enfatiza únicamente en las entradas y las salidas (cajas negras). Advierte Kletke (2001) que no existen investigaciones sobre la relación entre las variables de los programas, y entre estas y los usuarios del software, siendo que tales relaciones podrían indicar cuál es la arquitectura del software que facilite y potencie el proceso de solución creativa de problemas de los individuos y de las organizaciones. Esta carencia es aún más evidente cuando se hace referencia a la aplicación de este tipo de software en actividades de diseño de productos.

Bajo las consideraciones anteriores el problema de investigación que aquí se aborda se puede definir de la siguiente manera:

A pesar del reconocimiento que se hace de la importancia de la ingeniería de diseño para la innovación tecnológica y para la ventaja competitiva de las firmas, particularmente de las pequeñas y medianas empresas, se aprecia poco apoyo a las necesidades que tienen tales empresas para potenciar el diseño creativo como actividad central de la innovación.

Aunque existe una proliferación de herramientas informáticas desarrolladas con el propósito de asistir el proceso de diseño, denominadas genéricamente como CAD/CAE, es evidente que existe un desequilibrio en el apoyo a la generación de las ideas necesarias en la fase de conceptualización, donde la creatividad es fundamental. Se reconoce que en los últimos años se han desarrollado programas de ordenador que buscan potenciar la creatividad del usuario mediante la integración de técnicas conocidas, pero orientadas principalmente a aplicaciones dentro de campos tales como la educación, la publicidad y la literatura y no a la solución de problemas técnicos.

A la fecha no existe una evaluación objetiva de ese tipo de herramienta, de ahora en adelante referida como «software creativo», que pueda tomarse como punto de referencia para determinar su utilidad verdadera y sus limitaciones prácticas,

particularmente en la etapa de búsqueda de alternativas de conceptos de diseño en ingeniería.

Por tal motivo, no se han identificado las características relevantes que debiera tener un programa específicamente orientado para tal propósito, que sirva como marco de referencia para plantear futuros desarrollos en la ingeniería del diseño asistida por ordenador.

De este planteamiento surge la motivación de esta investigación, la cual parte de las siguientes preguntas iniciales:

- ¿Es útil el software creativo para asistir al ingeniero en la fase de conceptualización de soluciones de diseño?.
- ¿Cuáles son las características que debe poseer un programa de ordenador para que resulte efectivo a la hora de apoyar los procesos de generación de ideas creativas en la fase de diseño conceptual de productos?.
- ¿Podría esta clase de programas asociarse con el software comercial disponible y utilizado actualmente en ingeniería de diseño, de tipo CAD, de manera que se logre una integración de todo el proceso de diseño?.
- ¿Cuáles son las técnicas de creatividad que pueden ser incorporadas en forma efectiva en un programa de este tipo?.
- ¿Qué avances de los alcanzados en la investigación en diseño que se realiza en universidades y centros de investigación podrían incorporarse en forma sencilla en un ambiente que apoye a la fase creativa dentro del diseño conceptual de nuevos productos?.

1.2 Hipótesis

Las preguntas de investigación planteadas sugieren las hipótesis de partida que a continuación se relacionan:

- **Posibilidad.** La generación de ideas dentro de la etapa de conceptualización del proceso de diseño en ingeniería puede ser asistida por ordenador, de manera que se obtengan soluciones novedosas y apropiadas. Su utilización permitirá explorar y ampliar el espacio de diseño, de manera que se genere mayor número de ideas y de mejor calidad.

- **Efectividad.** La efectividad práctica de tal tipo de programa puede ser evaluada mediante la definición o adopción de un modelo para la medición del grado de novedad y viabilidad del producto diseñado.
- **Estructura.** Un programa de ordenador orientado a apoyar la etapa de generación de ideas conceptuales en ingeniería de diseño debe incluir al menos tres componentes centrales: estímulo para la generación y organización de ideas, bases de datos de conocimientos y diseño adecuado de la interfaz. Deberá orientar el proceso de diseño, pero de ninguna manera forzar o restringir la manera particular que el usuario tenga de abordar el problema. Para ello debe tener un alto grado de flexibilidad.
- **Método.** A partir de evaluaciones experimentales de software creativo aplicado a la resolución de problemas de diseño, de la experiencia, de los conocimientos y métodos de trabajo de ingenieros de diseño y de los resultados de investigaciones recientes sobre diseño, creatividad técnica y gestión del conocimiento, es posible identificar elementos relevantes y características particulares de los tres componentes mencionados en la hipótesis anterior, así como técnicas y métodos creativos, que debe contener un programa de ordenador para potenciar la generación creativa de ideas y para que pueda utilizarse con más efectividad y eficiencia en ingeniería de diseño.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

El objetivo principal de esta investigación 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, tomando como base un análisis experimental, objetivo y crítico, del software creativo genérico ofrecido comercialmente en la actualidad.

Tal modelo de software deberá incluir elementos de estimulación de ideas creativas técnicas, acompañado de administradores de conocimientos, capturadores de información y otros elementos que se consideren necesarios para garantizar su eficacia.

1.3.2 Objetivos específicos

- Una respuesta objetiva a la duda sobre la utilidad del «software creativo» actual para asistir al ingeniero de diseño en la generación de ideas creativas para la solución de problemas técnicos. La utilidad se entiende en términos de cantidad y calidad de ideas que pueden proponerse a partir del uso del software.
- Una descripción de las tendencias y características generales de los programas CAD más utilizados actualmente que identifique sus debilidades y potencialidades para la generación ideas conceptuales en diseño.
- Un método de evaluación de la efectividad del «software creativo» cuando se utiliza en actividades de diseño conceptual de productos. Debe tratarse de un método que facilite la cuantificación de la efectividad de manera que, a partir de datos experimentales, su aplicación conduzca a conclusiones objetivas.
- Las características más importantes del «software creativo» que influyen, ya sea positiva o negativamente, en el ingeniero de diseño durante el desarrollo de la fase de conceptualización de nuevos productos.
- Las técnicas creativas que, implementadas en este tipo de software, demuestren ser más eficaces para estimular la generación de ideas durante el proceso de diseño.

1.4 Metodología

Esta investigación se desarrolla en cuatro etapas principales, que se centran en un trabajo experimental buscando con ello que las propuestas que se presenten estén sustentadas no solamente en apreciaciones subjetivas sino, principalmente, en resultados validados estadísticamente. Estas etapas se describen a continuación.

1.4.1 Fundamentos teóricos

En esta etapa se hace una revisión crítica de los elementos teóricos necesarios en la investigación. Se hace una exploración del estado del arte en diseño conceptual y en creatividad, así como en las tendencias de desarrollo en software CAD y software creativo. A partir de allí se revisan varios modelos propuestos para analizar el proceso creativo en diseño y se hace una selección de los más adecuados. De estos se realizan las modificaciones necesarias para poderlos aplicar a las especificidades de la investigación.

1.4.2 Trabajo experimental

Como se mencionó, ésta es la fase central de la investigación, con la que se pretende obtener resultados estadísticamente representativos. Dadas las limitaciones y características propias de la investigación, se realiza el trabajo experimental bajo condiciones controladas de laboratorio, empleando como base uno de los métodos más representativos actualmente en investigación del diseño como lo es el denominado «análisis de protocolo». El método originalmente consiste en la observación, captura y análisis de las actividades cognitivas desarrolladas por el sujeto experimental durante una sesión, las cuales deben ser expresadas verbalmente, en lo que se suele denominar pensar en «voz alta» (Cross, 1996).

En este caso se ha aplicado algunas variantes que permiten obtener datos de las acciones realizadas en la operación del software evaluado, de los esquemas o dibujos y en los gestos o acciones físicas. Tales variantes se introducen con propósito de adecuar el método a las características particulares de esta investigación y para contrarrestar algunas de las debilidades comentadas en la literatura (Mulet, 2003) en relación con las dificultades del sujeto para expresar verbalmente sus acciones cognitivas.

El experimento se diseñó de tal manera que se tuviese un número adecuado de repeticiones (cuatro) para cada caso estudiado (cinco), para que los resultados pudieran ser procesados estadísticamente.

1.4.3 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos en la fase experimental son procesados mediante la aplicación del modelo de análisis previamente seleccionado, para obtener los valores de variables representativas de las ideas en diseño conceptual: cantidad, calidad, tiempo empleado, origen y evolución. A partir de ellas se hace una comparación entre los diferentes programas evaluados teniendo en cuenta las variaciones producidas en las repeticiones realizadas.

1.4.4 Propuesta de la estructura de software creativo para el diseño

Basados en los resultados de las tres etapas anteriores, se sustenta la propuesta de la estructura que debe tener un software que asista al ingeniero de diseño en la generación de ideas durante la conceptualización de nuevos productos.

1.5 Alcance y contribución de la tesis

Aunque se ha avanzado en el desarrollo de conocimiento sobre las actividades cognitivas del diseñador y sobre teorías de la creatividad aplicada al diseño, existen muchos espacios aún por cubrir. Uno de ellos es el estudio sobre la aplicación de técnicas de creatividad en la fase conceptual de diseño, en particular utilizando el ordenador como herramienta.

Por ello, el alcance de esta investigación pasa por la definición de una metodología para evaluar objetivamente este tipo de herramientas en aquel tipo de aplicación, pero no llega a la pretensión de cubrir temas específicos de la psicología cognitiva. Dentro de la metodología deberá definirse un modelo para la determinación de los parámetros relevantes para la medición de su efectividad en la generación de ideas. La validación del modelo se hará experimentalmente en la comparación entre varios programas de ordenador comercialmente disponibles, y que sean representativos de las varias opciones existentes.

El aporte de la investigación se puede resumir en dos elementos centrales: Primero, la evaluación de un tipo de software que comienza a tener relevancia, como es el caso del software creativo, pero del que no se conoce ninguna valoración comparativa y objetiva sobre su efectividad. Segundo, la identificación de los elementos importantes y la definición de una arquitectura básica de un software específicamente orientado a asistir al ingeniero de diseño en la fase de generación de conceptos. No se llegará a la codificación ni a la elaboración de tal software.

1.6 Estructura de la tesis

Esta tesis sigue una estructura del tipo mostrado por investigaciones experimentales. La Tabla 1.1 ilustra la correspondencia existente entre cada una de las etapas de la investigación y el capítulo relacionado.

En el capítulo 2 se presentan los principales aspectos de la investigación en ingeniería del diseño, partiendo de la definición del término diseño, pasando por los métodos y modelos más relevantes que se han propuesto para describir y para prescribir el proceso de diseño en general primero y luego enfatizando en la fase conceptual del diseño. También se hace una descripción breve de algunas de las herramientas que se utilizan actualmente, y se concluye con la presentación de algunos grupos de investigación alrededor del mundo, describiendo las principales líneas y proyectos que desarrollan.

Tabla 1.1 Esquema comparativo de la estructura de la tesis y una investigación experimental típica

| Etapas de una investigación experimental | Capítulo de la tesis |
|---|---|
| Planteamiento del problema | Capítulo 1: Introducción |
| Antecedentes y Estado del arte | Capítulo 2: Ingeniería del diseño |
| | Capítulo 3: Creatividad en la ingeniería del diseño Capítulo 4: Software de diseño, de ingeniería y de creatividad |
| Modelo teórico | Capítulo 5: Modelos para valorar el diseño y la creatividad |
| | Capítulo 7: Modelado de resultados de la fase experimental |
| Diseño experimental | Capítulo 6: Diseño y realización del experimento. |
| Resultados experimentales | Capítulo 8: Análisis de resultados por programa. |
| | Capítulo 9: Análisis comparativo de resultados. |
| Aplicación de resultados | Capítulo 10: Propuesta del nuevo modelo de software. |
| Conclusiones | Capítulo 11: Conclusiones. |

El capítulo 3 trata el tema de la creatividad en el diseño. Para ello, se hace una aproximación al concepto de creatividad antes de presentar algunos de los modelos que se reportan en la literatura para explicar su papel en la ingeniería del diseño. Luego se presenta una revisión de las herramientas computacionales para apoyar el diseño conceptual, las cuales tienen más un enfoque orientado a la automatización de la fase conceptual del diseño, que a la asistencia al diseñador humano. Se llega entonces a la conclusión de falta de estudios que enfatizan la aplicación de la informática en técnicas de creatividad para el desarrollo de productos. El capítulo finaliza con una explicación breve de las técnicas de creatividad presentes en el software utilizado en la fase experimental de la investigación.

En el capítulo 4 se hace una presentación del «estado de la técnica» del software de diseño, de ingeniería y de creatividad. Allí se presentan los principales productos ofrecidos por las cuatro grandes firmas de desarrollo de software CAD, así como cuatro

de los principales programas de apoyo a la ingeniería del producto. El capítulo presenta además el estudio realizado sobre la oferta comercial actual en software creativo, como parte de esta investigación.

Los modelos para valorar el diseño y la creatividad son el objetivo del capítulo 5. Se divide el capítulo en los tres enfoques de valoración: la del individuo, la del proceso y la del producto. En cada caso se muestran las principales propuestas reportadas en la literatura y se argumenta la selección de las que se aplican en la investigación actual.

El tema del capítulo 6 es la fase experimental. Allí se hace una descripción de todo el proceso preparatorio del experimento, desde la selección del software a evaluar, el método experimental seleccionado, el diseño del experimento y la preparación y ejecución del mismo.

En el capítulo 7 se hace la presentación del modelo completo de evaluación, ajustado de acuerdo a las condiciones y objetivos de la investigación. Se definen las variables y los tipos de resultados que se pueden obtener. Aunque evidentemente este capítulo es de tipo descriptivo del modelo de análisis de datos, se decidió presentarlo después de la explicación del experimento, con el fin de facilitar la comprensión de la terminología y, principalmente, de la filosofía que lo envuelve. Si se hubiese presentado antes de explicar el experimento hubiese sido complicado comprenderlo.

La presentación de resultados se ha dividido en dos capítulos. En el 8 se hace un análisis detallado por cada tipo de programa evaluado, mientras que en el 9 se hace un análisis de tipo comparativo entre todos ellos. De esta manera se quiere dar una visión completa de los resultados obtenidos, que son los que soportan las conclusiones conducentes a la fase final de la investigación. Las variables presentadas en estos dos capítulos son: el tiempo empleado, las cantidades de ideas, la calidad creativa del proceso y las tendencias de convergencia y divergencia de todo el proceso.

En el capítulo 10 se utilizan los resultados y sus conclusiones logradas en los capítulos precedentes, así como lineamientos obtenidos de casos de estudios puntuales reportados en la literatura, de algunas entrevistas y acercamientos a procesos desarrollados por ingenieros y diseñadores y pautas generales de diseño de software (usabilidad, por ejemplo) para definir la estructura de software que se propone como aporte en esta investigación. Se finaliza presentando una maqueta de la interfaz de esta estructura.

Finalmente, en el capítulo 11 se hace una recopilación de las principales conclusiones logradas y se dan lineamientos para futuros desarrollos alrededor de este tema.