

PEDRO COMPANY CALLEJA (\*)  
JOSÉ MARÍA GOMIS  
MARTÍ (\*\*),

(\*) Universitat Jaume I  
Dpto. de Tecnología  
Campus de Penyeta Roja  
E-12071, CASTELLÓN. SPAIN  
(\*\*) Universidad Politécnica de  
Valencia  
Dpto. de Expresión Gráfica en la  
Ingeniería  
Camino de Vera S/N. E-46022,  
VALENCIA. SPAIN

# GRÁFICOS EN INVESTIGACIÓN Y DISEÑO

## Resumen

En este trabajo se aborda el estudio genérico de los procesos de investigación y diseño, con la intención de revisar las diferencias y semejanzas entre ambos, en cuanto al empleo de herramientas gráficas. La principal conclusión de esta comparación será que los gráficos se utilizan tanto en la ciencia como en la tecnología para *visualizar información*, en su sentido más amplio.

En efecto, con el empleo del ordenador, para automatizar cada vez más fases de ambos procesos, las necesidades gráficas en los mismos se amplían y tienden a converger. Esto es así porque en ambos procesos aparecen las necesidades de controlar, tanto las tareas que realiza el ordenador como la información que genera éste.

En definitiva, comprobaremos que la separación clásica entre visualización «de datos» (Bertin, 1977), para el proceso de investigación, frente a visualización «de objetos» (Foley, 1990; 1993), para el proceso de diseño, tiende a desaparecer, y que en ambos procesos se llegará a visualizar por igual todo tipo de información.

## 1. Investigación

EN un sentido amplio, la investigación es una actividad que el hombre realiza, voluntaria y conscientemente, para tratar de encontrar un conocimiento verídico sobre una determinada cuestión. Corrientemente llamamos investigación científica a la que busca el conocimiento del universo físico. Actualmente, la investigación científica se basa en la experimentación, es decir, en la observación de fenómenos provocados con finalidad investigadora, y en la medida y estudio de las variables que intervienen en ellos (Primo, 1981).

### 1.1. Modelo del ciclo de investigación

Buscar conocimiento requiere *analizar* y *evaluar* información. Pero, como los hechos directamente *observables* raramente conducen a nuevos conocimientos, en general se utiliza la experimentación, que consiste en provocar fenómenos para estudiarlos (analizando y evaluando la información obtenida). Además, dado que se obtiene más información cuando el fenómeno artificial no se provoca aleatoriamente, aparece la necesidad de establecer un *modelo* al que se le aplica una *simulación*, con el objetivo de deducir conclusiones del análisis de la simulación a la que se somete dicho modelo (figura 1).

La definición tanto del modelo como de la simulación a la que se le somete son, en general, procesos iterativos. A partir de un modelo y una simulación iniciales, definidos en base a la experiencia del investigador, se realiza un análisis com-

parativo entre los hechos observados y los simulados. Las diferencias entre hechos y simulación se evalúan, elaborando criterios que permiten corregirlas, modificando el modelo y/o la simulación empleados. Se establece así un ciclo iterativo que constituye el ciclo de investigación (Hearn, 1991). Este ciclo se repite hasta que el modelo y la simulación se adecuen suficientemente a los hechos observados. Entonces, el análisis y evaluación de dicha simulación debe permitir la obtención de conclusiones definitivas.



FIGURA 1.  
Ciclo de investigación.

## 1.2. Gráficos en el ciclo de investigación

La utilización tradicional de las herramientas gráficas en el ciclo de investigación descrito arriba, estaba básicamente orientada a traducir a imágenes los resultados de la observación y la simulación, como alternativa o, principalmente, como complemento a otros métodos de análisis y evaluación. En el pasado, además, el elevado costo de delineación de ciertas visualizaciones, frente a la facilidad de manejo por vía matemática de muchos aspectos de los problemas estudiados, favorecieron un mayor uso de herramientas matemáticas, quedando las herramientas gráficas reducidas a la utilización de gráficas para el estudio cualitativo de información tabulada (p.e. Bertin, 1977; Hinterberg, 1988).

No obstante, desde la aparición del ordenador, no solo se ha automatizado la generación de gráficas para visualizar información (Göbel, 1992), sino que también el análisis ha llegado a informatizarse en muchos casos. Por ello, las tareas de definición y modificación, tanto del modelo como de la simulación, también pueden ser llevadas a cabo a través de una interacción gráfica, que, obviamente, implica el uso de potentes herramientas gráficas (figura 2).

Es decir, que la progresiva automatización del ciclo de investigación requiere la incorporación de herramientas gráficas interactivas que faciliten el control del proceso. Pero, además, dado que las herramientas gráficas altamente utilizadas en otros

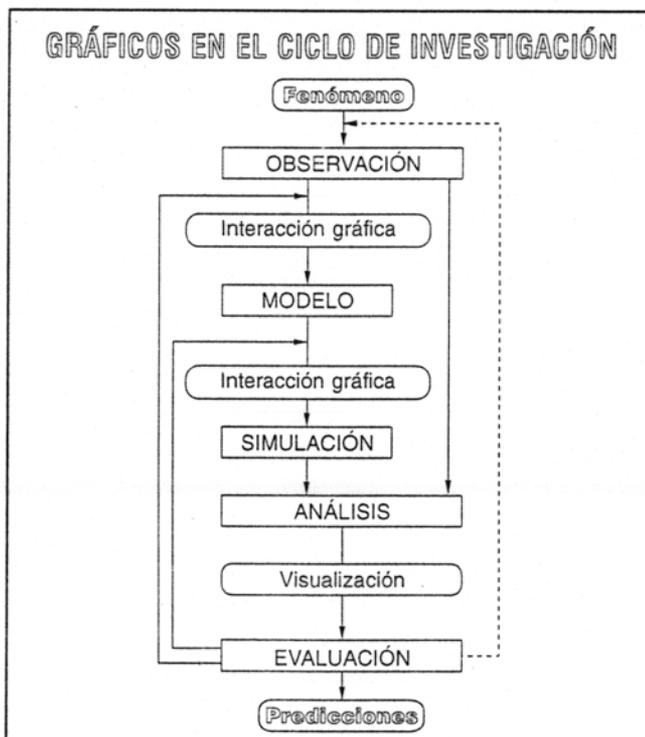
campos (representación de objetos, síntesis de imágenes, etc.), una vez informatizadas, pueden adaptarse fácilmente a la visualización en otros ambientes, se ha facilitado mucho la utilización de todo tipo de visualizaciones. Por ello, la generación del modelo puede ser un proceso gráfico e interactivo, al igual que la definición de la simulación. La potenciación de la interacción que se obtiene como consecuencia del aumento de las posibilidades de visualización, pone al diseñador en la situación de explorar múltiples alternativas, con gran comodidad y a gran velocidad. En definitiva, se potencia la intuición del investigador, dando respuestas claras y rápidas a multitud de preguntas del tipo: ¿que pasaría si...? Por lo tanto, el investigador no sólo visualiza mejor los resultados del análisis, con la consiguiente mejora de la evaluación que puede realizar, sino que se adentra directamente en la fase de predicción, pues las consecuencias, tras ser analizada la acción, son visualizadas inmediatamente y en forma muy elaborada y ergonómica, facilitando la comprensión cualitativa de lo ocurrido.

## 2. Diseño

Si buscamos una definición centrada estrictamente en el campo de la técnica, y que ponga de manifiesto las características más sobresalientes del proceso de diseño, podemos decir que «el diseño técnico es la utilización de principios científicos, información técnica e imaginación en la definición de una estructura mecánica, máquina o sistema que realice funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia» (Fielden, citado por Jones, 1978).

Esta definición pone de manifiesto que la imaginación (o intuición, o capacidad creadora, ...) es un factor clave en el proceso de diseño. Es decir que el diseño se fundamenta en una decisión de cara a la incertidumbre. En la definición anterior también queda patente que el diseño se basa en los conocimientos científicos y técnicos y trata de alcanzar una solución idealmente óptima al problema planteado.

Lo que no queda definido es la naturaleza del problema planteado (puede tratarse de una estructura, una máquina, un sistema, ...). Pero debemos remarcar que pese a la amplitud de definiciones, se mantiene un amplio consenso sobre la definición de diseño como la parte del ciclo de vida de un producto en la que se determinan sus características (entre las que destacan las geométricas). Es decir, diseño será la parte del ciclo de vida comprendida entre la especificación de objetivos y la fabricación.



**FIGURA 2.**  
Gráficos en el ciclo de investigación.

Una perspectiva más amplia nos llevaría hacia un concepto del diseño en el que éste amplía su ámbito a todo el ciclo de vida del producto, lo que se traduce en un nuevo enfoque más coincidente con el término de *gestión* del proceso de diseño. Además, abundando en el campo de la producción de objetos, la organización del proceso de diseño en el futuro deberá ser abordada y resuelta por equipos multidisciplinares; entre los que, no debemos olvidar, podrán encontrarse equipos de investigación (Gómez-Senent, 1993).

## 2.1. Modelo del proceso de diseño

Ha habido muchos intentos de establecer una descripción sistemática del proceso de diseño. Esto se debe a que, tal como apunta Encarnaçao (Encarnaçao, 1990), «el proceso de diseño es muy complejo y ni una cadena ni un árbol son suficientes para representar sus características esenciales, aunque puede aparecer algunas veces como una cadena o un árbol desde ciertos puntos de vista». Sin embargo, para estudiar el papel de los gráficos en el proceso de diseño es suficiente un modelo rudimentario que haga patentes las tres tareas que, de modo cíclico, se llevan a cabo durante un proceso de diseño: síntesis, análisis y evaluación (figura 3).

Por síntesis entendemos el conjunto de decisiones que se toman intuitivamente en una primera fase de la etapa de diseño considerada. Debe re-

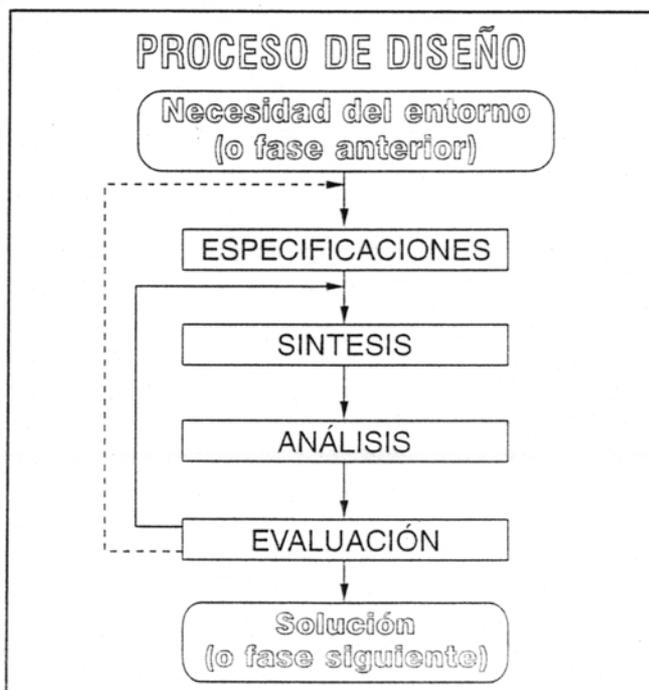


FIGURA 3.  
Proceso de diseño.

marcarse que estas decisiones se toman a partir de un conocimiento incompleto respecto a las consecuencias que las mismas tendrán respecto a la consecución de la meta propuesta.

Como resultado de la síntesis, se obtiene un modelo cuyo comportamiento es analizado, para obtener información sobre la bondad de la síntesis realizada. La evaluación del modelo, a través de los resultados del análisis al que se le somete, determinan si la solución sintetizada era correcta o no. En caso negativo, de la propia evaluación se obtienen orientaciones valiosas para realizar una nueva síntesis y recomenzar así el ciclo. Es decir, que de las desviaciones observadas entre las especificaciones del diseño y la solución alcanzada se obtienen nuevas decisiones que permiten generar un diseño más ajustado al especificado.

En algunos casos, la evaluación puede sugerir modificaciones del propio objetivo del diseño, por lo que el bucle se convertiría en una vuelta atrás (línea de trazos en la figura 3). Teniendo en cuenta que el ciclo considerado puede corresponder a una sola etapa de un proceso de diseño, esta vuelta atrás se puede considerar como un ciclo del proceso iterativo para alcanzar el diseño global.

## 2.2. Gráficos en el proceso de diseño

Para entender el papel tradicional de las herramientas gráficas en el diseño, debemos remontarnos a la evolución artesanal, que es donde el diseño, concebido como el traslado de necesidades prácticas a dibujos de producto, tiene su antecedente (Jones, 1978). La evolución artesanal se puede definir como un cambio gradual de los objetos, al que se llegaba por prueba y error (sin intervención de dibujos) sobre las sucesivas unidades del mismo objeto que se producían. Además no había transmisión explícita de información. La información sobre este proceso evolutivo provenía únicamente de la forma del propio producto y de los recuerdos de aprendizaje de cada artesano. Es la introducción del dibujo en este proceso artesanal, lo que permitió el salto de la artesanía al diseño. Este salto se apoyaba en dos cambios cualitativos que el dibujo hizo posibles:

- El diseñador podía ver y manipular el diseño como concepción total, y ni el conocimiento parcial ni el alto coste de alteración del propio producto le impedían efectuar cambios drásticos en el diseño, y
- La transmisión simbólica de la información hacía posible la división del trabajo de producción. Esta división permitía tanto aumentar el tamaño/complejidad de los productos

como aumentar la productividad de su fabricación.

Pero, para que el dibujo permitiera estos dos cambios, fue necesario que, a su vez, cumpliera dos condiciones:

- Coherencia geométrica de la información que contiene el dibujo con el objeto representado, y
- Univocidad de la transmisión de información que el dibujo posibilita.

La primera condición se obtuvo, a través de los *Sistemas de Representación*. La segunda se ha conseguido por medio de la *Normalización* de las representaciones técnicas.

En definitiva, la vía utilizada para determinar la coherencia geométrica del diseño ha sido, desde el nacimiento del diseño, la representación gráfica. Es decir, que las tareas de análisis y evaluación durante el proceso de diseño se han basado siempre en la utilización de los conocimientos geométricos a partir de las herramientas proporcionadas por la geometría descriptiva. Los propios recursos de la geometría descriptiva, potenciados con la estandarización aportada por la normalización, permiten también transmitir la solución alcanzada. Por último, la propia tarea de síntesis ha estado, desde siempre, apoyada por el empleo de bocetos o croquis, dado que estas representaciones gráficas no totalmente formalizadas potencian la creatividad, permitiendo la rápida plasmación y comparación de ideas.

En consecuencia, las herramientas gráficas tradicionales empleadas en el proceso de diseño (figura 4) son:

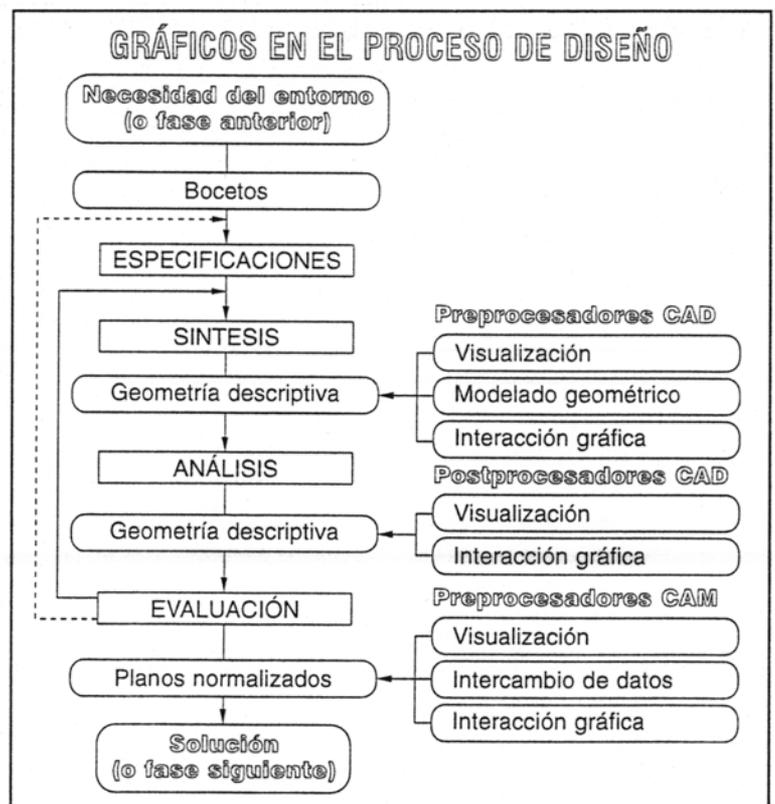
- Los croquis o bocetos, que se emplean para elaborar una síntesis del diseño a partir de las especificaciones; dado que el empleo informal de representaciones de objeto y esquemas, mezclados con todo tipo de anotaciones escritas potencian la creatividad del diseñador sin coartar su libertad.
- La geometría descriptiva: A través de los sistemas de representación y los métodos que se aplican en ellos, permite resolver el problema de modelar objetos tridimensionales de forma interactiva y gráfica (aunque con instrumentos que requieren elaboración manual). Durante el propio proceso de representación del modelo, previamente bocetado, se estudia la compatibilidad geométrica del mismo, dado que las leyes de la representación en los sistemas de representación así lo exigen. Pueden

llevarse a cabo análisis geométricos complementarios, aplicando los métodos de la geometría descriptiva y las construcciones de la geometría plana.

- La normalización permite obtener una representación del objeto sintetizado finalmente.

Debe destacarse que en el empleo de las dos primeras herramientas, el factor que prima es la creación (predicción), mientras que en la segunda lo importante es la transmisión de información sin «ruido» (especificación). A partir de estos condicionamientos tan diferentes, se han desarrollado herramientas gráficas «manuales» muy depuradas y específicas para esta fase del diseño de componentes. Además, las herramientas se han mostrado tan apropiadas que, con pequeñas modificaciones, se han extendido al diseño de pequeños sistemas.

Debe destacarse que el proceso visualizado en la figura 4 es el de diseño de la geometría de componentes o pequeños sistemas físicos. No obstante, el diseño de aspectos no geométricos quedaría reflejado sin más que sustituir la utilización de las herramientas propias de la geometría descriptiva por una más extensa representación de símbolos normalizados. Además de, obviamente, incluir las correspondientes herramientas (matemáticas) de análisis.



**FIGURA 4.**  
Gráficos en el proceso de diseño.

Si en el proceso de diseño sustituimos los instrumentos geométricos tradicionales (regla y compás) por un programa de ordenador capaz de realizar, automáticamente, operaciones geoméricamente válidas, el proceso ganará en precisión y velocidad de ejecución; pero seguirá siendo el mismo proceso, con la misma intervención de las herramientas gráficas. Tal es el caso cuando se emplean sistemas de Diseño Asistido por Ordenador en dos dimensiones (CAD 2D).

Cuando el sistema de Diseño Asistido por Ordenador tiene capacidad para crear y manipular formas geométricas en tres dimensiones (CAD 3D), la necesidad de manipular representaciones planas de modelos tridimensionales desaparece. Y con ella también se elimina la necesidad de representar gráfica y biunívocamente el modelo (sistema de representación). Lo que queda es la necesidad de construir un modelo geométrico tridimensional con formulación analítica (que también permite analizar la compatibilidad geométrica). Y, por supuesto, se mantiene la necesidad de que el diseñador visualice el modelo que sintetiza y analiza (Pipes, 1989).

Por tanto, se separan las tareas de *visualización* y *modelado*, que la geometría descriptiva había unido. Además aparece la necesidad de una interacción gráfica que permita al diseñador comunicarse cómodamente con el ordenador para construir el modelo analítico, estudiar su compatibilidad geométrica y visualizarlo resaltando los aspectos más importantes a evaluar en cada momento. Por su parte, la normalización gráfica, que posibilita la transmisión «manual» de la síntesis realizada, se convierte en una normalización de la información (geométrica, pero no gráfica), que permite el intercambio de datos (p.e. a través de ficheros neutros de intercambio) entre diferentes fases del ciclo de vida del diseño; principalmente la Fabricación Asistida por Ordenador (CAM) (Company, 1992).

### 3. Semejanzas y diferencias entre investigación y diseño

A partir de los modelos de los procesos de investigación y diseño establecidos, se puede observar una gran similitud entre ambos. En efecto, la síntesis de un diseño se asemeja a la definición de un modelo y un proceso de simulación científica. Las fases de análisis aparecen en ambos procesos, con el propósito común de obtener información sobre el comportamiento del hecho modelizado. Información que es evaluada posteriormente para decidir la estrategia apropiada, que en ambos casos es cíclica, dado el carácter iterativo de los procesos.

No obstante, con las salvedades que se deriven de las predicciones apuntadas anteriormente en relación a la integración del diseño y la investigación en los procesos productivos, el proceso de diseño difiere radicalmente del de investigación, en cuanto a que al diseñar, la especificación completa del modelo es el propio objetivo, mientras que en la investigación, la puesta a punto del modelo no es sino un paso previo para estar en condiciones de predecir su comportamiento.

Es decir, que al investigar partimos de algo que existe y cuyo comportamiento queremos predecir. Por contra, al diseñar definimos el comportamiento que deberá tener algo que aún no existe.

En la figura 5 puede verse como el científico utiliza una situación virtual (establecer un modelo y, en su caso, analizarlo), para predecir una situación real preexistente (conocer el entorno).

Por el contrario, el técnico, en su papel de diseñador, pretende modificar la situación real. En este objetivo la tarea de diseño coincide con la tarea del artista. Pero, mientras una obra de arte tiene sentido en sí misma, un diseño no es tal si no satisface las necesidades del entorno preexistente.

Tal como hemos visto, tanto para el científico como para el técnico, la conversión de su problema real en un problema virtual (modelado) es un paso habitualmente necesario. Además, esta conversión ha permitido informatizar la fase de análisis en los procesos considerados, en los casos en que se ha podido establecer una formulación algorítmica de los mismos. Puesto que el modelo informático, en ambos casos, se basa en una formulación matemática (de la que se deriva la formulación computacional), el empleo de herramientas matemáticas se hace obvio. Por su parte, las herramientas gráficas son necesarias para facilitar el diálogo entre el hombre y la máquina.

Sin embargo, es el peso de cada tipo de herramientas el que diferencia ambos procesos. Este

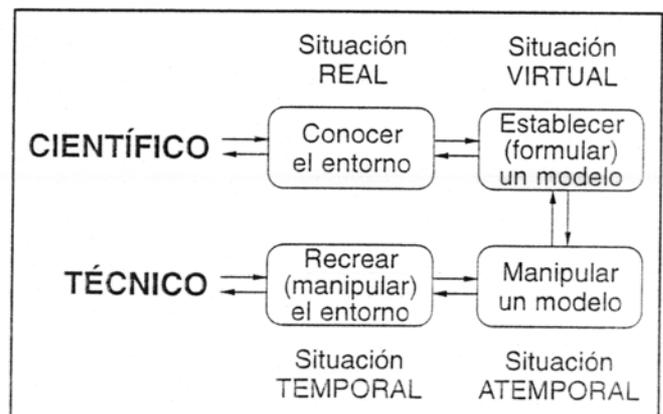


FIGURA 5. Diferencias entre investigación y diseño.

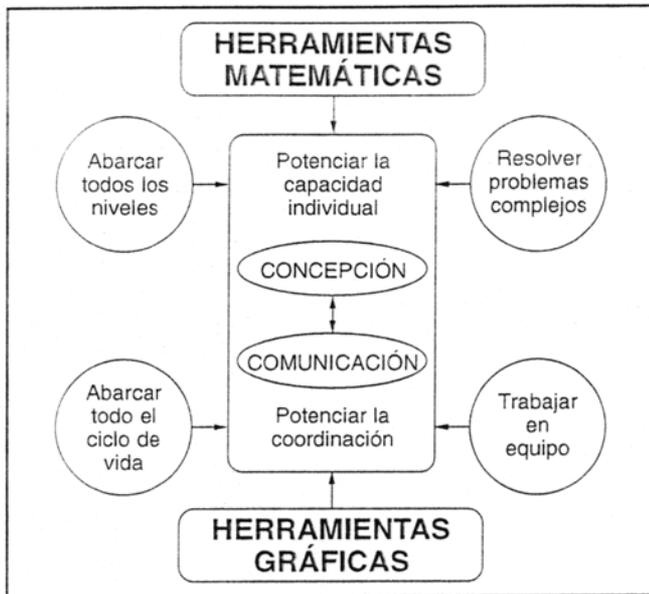


FIGURA 6.  
Herramientas para investigación y diseño.

peso depende de las características del proceso, que se pueden reducir a la dualidad *concepción-comunicación* (figura 6).

### 3.1. Gráficos comunes y gráficos específicos

En el proceso de investigación, el objetivo último de establecer predicciones a partir de la observación de un hecho y su correspondiente modelo, es un proceso de concepción en el que, hasta ahora, predomina el empleo de herramientas matemáticas; dado que la mayoría de la información tratada es de naturaleza no geométrica, su visualización con herramientas tradicionales es costosa. Desde que se ha empezado a emplear el ordenador, se ha potenciado el uso de las herramientas gráficas, que se utilizan básicamente como medio de comunicación *interna* de la información disponible en el ordenador, al operador que controla el proceso (para lo que se necesita una conversión de la información no geométrica en información geométrica). El objetivo es que el operador tome las decisiones correctas tras visualizar la información. Esporádicamente, la comunicación gráfica se convierte en un proceso *externo*, lo que ocurre cuando se utilizan gráficos de representación para transmitir los resultados del proceso de investigación a terceros (Dewey, 1988; Lewell, 1986).

Por contra, en el proceso de diseño, la concepción es, frecuentemente, un problema geométrico. Lo que antes de utilizar ordenadores facilitaba un tratamiento gráfico, y ahora favorece una interacción gráfica sobre un modelo analítico-computacional. Además, dicha concepción, va seguida de

una comunicación externa, que transmite la información de diseño al proceso de fabricación (Encarnação, 1990). Manteniéndose, en la actualidad, las representaciones gráficas normalizadas como el camino más habitual para transferir dicha información.

Hasta el momento, la automatización sólo se ha generalizado en el uso de procesadores gráficos muy potentes para una fase de preproceso, en la que se define la geometría (modelado geométrico 2D y 3D), en los procesos de diseño. También se usan estos mismos procesadores para el postproceso, en el que se genera la información gráfica para fabricación (planos de taller), reutilizando la información generada en el proceso de modelado.

Por tanto, en una primera aproximación, los gráficos utilizados en investigación, sirven para comunicación interna de información no geométrica, mientras que los empleados en diseño sirven para comunicación, interna y externa, de información geométrica.

No obstante, conforme aumenta la automatización, las necesidades de visualización se van unificando. Se apunta una tendencia (en ambos procesos) hacia la utilización de las herramientas matemáticas en cualquier aspecto de *concepción*, dejando las herramientas gráficas para todos los procesos de *comunicación*.

La introducción de las técnicas de inteligencia artificial está permitiendo en gran medida automatizar, o al menos asistir, la tarea de evaluación. El ordenador sustituye al operador en tareas cada vez menos rutinarias, trasladando la participación del ser humano a un nivel más conceptual. Esto implica una traslación de la interacción a otras tareas, y la necesidad de *visualización* de la información correspondiente, para que el operador pueda tomar decisiones en base a la información disponible.

Otra automatización que se está produciendo, la de la interconexión entre los procesos computacionales en las diferentes etapas del ciclo de vida, provoca la modificación de las necesidades gráficas en el postproceso de diseño: con la implantación de una completa comunicación entre los procesos de diseño asistido y fabricación asistida desaparece la necesidad de transmitir manualmente información gráfica para fabricación. Por lo que el postproceso de diseño se convierte en un preproceso de fabricación: no hay gráficos para transmitir información sino *visualización* de la información ya transmitida; con la consiguiente interacción para controlar el flujo de fabricación.

## 4. Conclusión

Se han estudiado los procesos de investigación y diseño. La introducción de unos modelos sencillos de ambos procesos ha sido un paso previo, necesario, para justificar el papel tradicional de los gráficos en los mismos.

El papel tradicional de los gráficos se ha potenciado, pero no se ha visto sustancialmente alterado con la utilización del ordenador para automatizar únicamente las tareas rutinarias de delineación. Es decir, que los gráficos utilizados en investigación, sirven básicamente para comunicación interna de información no geométrica, mientras que los empleados en diseño sirven para comunicación, interna y externa, de información geométrica. Así, la conclusión sería que los gráficos, efectivamente, se siguen utilizando para visualizar datos en investigación, y para el análisis de la coherencia geométrica de las soluciones tanteadas, y para la especificación para fabricación de la forma, en ingeniería. Es decir, la utilización tradicional, aunque con elaboración automatizada.

La elaboración automatizada se traduce, en primer lugar, en que la capacidad de interacción de los gráficos por ordenador ha permitido desarrollar los apropiados *preprocesadores*, que asisten en la definición, cómoda y ergonómica, del modelo computacional necesario para realizar el análisis. Esto es especialmente cierto cuando el modelo es básicamente geométrico. En tal caso, las dos tareas de modelado y análisis de la compatibilidad geométrica se agrupan en un único preproceso gráfico (proceso previo al resto de procesos de análisis matemático: resistente, funcional, ...). En segundo lugar, las herramientas gráficas sirven para traducir a imágenes la información disponible en el ordenador, de modo que el operador tenga información cualitativa para tomar decisiones en la fase de evaluación (o *postproceso*).

En resumen, la automatización ha reducido mucho las tareas de delineación, y ha potenciado el empleo de los gráficos. No obstante, mientras la automatización sólo alcanza a tareas rutinarias, se mantiene la separación entre gráficos de investigación y gráficos de diseño. Ahora bien, se ha visto que, conforme aumenta la automatización, se apunta una tendencia hacia la utilización de las herramientas matemáticas en cualquier aspecto de concepción, dejando las herramientas gráficas para todos los procesos de comunicación. Esta tendencia es especialmente acusada en el proceso de diseño, que es el que, actualmente, tiene unas herramientas gráficas específicas más elaboradas.

Además, el uso de gráficos como medio de interacción hombre-máquina es ya habitual en

cualquier tipo de aplicaciones, y en particular en los procesos de investigación y diseño asistidos por ordenador.

Debe destacarse que la interacción puede requerir diferentes procesos de visualización, desde el seguimiento visual de una ejecución hasta la programación visual (Shu, 1988). Sin embargo, estos aspectos, aunque importantes, son secundarios respecto a la visualización de información; ya que, en los procesos de investigación y diseño (cuando se llevan a cabo asistidos por ordenador) esta visualización es la que permite al operador tomar decisiones y controlar el flujo del proceso.

## 5. Referencias

- BERTIN, J.: *La Graphique et le Traitement Graphique de L'Information*. Ed. Flammarion, Paris. 1977.
- COMPANY, P.: *Herramientas gráficas para el diseño*. Ciclo de Conferencias/Curso Ingeniería, Diseño y Fabricación Asistidos por Computador. Universidad de Murcia, Cartagena, Mayo 1992.
- DEWEY, B. R.: *Computer Graphics for Engineers*. Ed. Harper & Row, publishers, New York. 1988
- ENCARNAÇÃO, J. L.; LINDNER, R. y SCHLECHTENDAHL, E. G.: *Computer-Aided Design*. Ed. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. 1990. Segunda edición.
- FOLEY, J. D.; VAN DAM, A.; FEINER, S. K. y HUGHES, J. F.: *Computer Graphics. Principles and Practice*. Ed. Addison Wesley. 1990.
- FOLEY, J. D.; VAN DAM, A.; FEINER, S.K.; HUGHES, J. F. y PHILLIPS, R. L.: *Introduction to Computer Graphics*. Ed. Addison Wesley. 1993.
- GÖBEL, M. y FRÜHAUF, M.: *Interactive Scientific Visualization: Algorithms and Systems*. Eurographics Technical Report Series, EG92 TN10. 1992.
- GÓMEZ-SENENT, E.; GOMIS, J. M. y ROMERO, F.: «La formación en diseño industrial desde el punto de vista de la ingeniería». *Actas del V Congreso Internacional de Experiencia Gráfica. «Diseño Industrial»*. Gijón, Junio 1993.
- HEARN, D. D. y BAKER, P.: *Scientific Visualization*. Eurographics Technical Report Series, EG91 TN6. 1991.
- HINTERBERGER, H.: *Using Graphical Information From a Grid File's Directory to Visualize Patterns in Cartesian Product Spaces*. Computational Geometry and its Applications. (Editor H. Noltemeier). Ed. Springer-Verlag. 1988.
- JONES, CH.: *Métodos de diseño*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona. 1978.
- LEWELL, J.: *Aplicaciones gráficas del ordenador*. Ed. Hermann Blume, Madrid. 1986.
- PIPES, A. (1989): *El diseño tridimensional. Del boceto a la pantalla*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona. 1989.
- PRIMO, E. (1981): *La investigación: un problema de España*. De Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Valencia, 1981.
- SHU, N. C. (1988): *Visual Programming*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York. 1988.